

# 黄河中游半干旱带的侵蚀环境特征

景可 李凤新

(中国科学院、国家计委地理研究所·北京市·100101)

## 提 要

黄河中游半干旱带形成于地质时期,自然环境特征随之出现。其主要特征是:1. 降雨具有集中性与波动性;2. 地表组成物质结构松散;3. 植被类型简单、盖度小。而由侵蚀环境所引起的侵蚀产沙特点是:1. 侵蚀产沙类型复杂;2. 产沙地层多样性;3. 产沙具有集中性与波动性。并指出:半干旱带的生态环境属性难以改变,但人们可以通过调整人地关系、调整土地利用结构与产业结构来抑制侵蚀环境的恶化。

关键词: 半干旱带 环境特征 侵蚀产沙

## Features of Erosive Environment in Semi-arid Zone in the Middle Reaches of the Yellow River

Jin Ke Li Fengxing

(Institute of Geography, Academia Sinica, Beijing 100101)

### Abstract

The semi-arid zone of the middle reaches of the Yellow River formed in some geological times, then, its natural and environmental features appeared in the same time as follows: 1) the concentrated and fluctuated rainfall; 2) the surface material with loose structure; and 3) the simple vegetation type and lower vegetative coverness. The characteristics of erosion and sediment-producing which were caused by the eroded environment are shown as: 1) the types of erosion and sediment are plentiful; 2) sediment layers are diverse; 3) the production of sediment is also characterized by the natures of concentration and fluctuation. Finally, the authors put forward that it is difficult to change the features of the semi-arid ecological environment, But, by means of the regulations of man-land relationship and land use structure and industrial structure, the people may control the deterioration of the eroded environment.

**Key words** semi-arid zone environmental features erosion and sediment producing

世界上半干旱带都是自然环境脆弱带,自然灾害不但类型多、而且频繁。其中土壤侵蚀(包括水蚀和风蚀)是最为普遍的自然灾害之一。黄河中游半干旱带除具有世界半干旱带的一般自然环境特

点外,还另有人口密度大、垦殖指数高等特点。人类活动加剧了生态环境的恶化,导致土壤侵蚀加剧,土壤侵蚀已成为制约半干旱带经济发展的主要因素之一。探讨半干旱带侵蚀环境特点对防治环境进一步恶化有着极为重要的意义。

### 一、半干旱带的区域范围

我国气象学家与地理学家早就注意对干旱的研究,但因研究的方法与任务性质不同,各家制定的干旱标准不尽统一,归结起来大致可分为两类:一类是以年、月、日的降雨距平百分数均方差划分;一类则是用降雨量和最大可能蒸发量之比作为划分标准。前者从揭示降雨量变化差异的规律着手,后者则从大气水分平衡角度出发。将降雨量与可能蒸发量的比值命其湿润度,其倒数为之干燥度指数,由于影响蒸发的因素很复杂,蒸发量的精确测定至今还没有一个统一的可靠的方法。我国气象工作者曾采用温度与降雨的比值来计算全国湿润度的指标,并考虑到自然景观的地带性规律,定秦岭——淮河一线的干燥度指数(k)为 1,从而求得计算干燥度指数(k)的经验公式<sup>[1]</sup>

$$k = \frac{0.16 \sum t(\text{日平均气温} \geq 10^{\circ}\text{C 稳定期的积温})}{r(\text{日平均气温} \geq 10^{\circ}\text{C 稳定持续期的降水})}$$

凡是  $k \leq 1$  的区域为湿润气候带;1~1.5 为半湿润气候带;1.5~2.0 为半干旱气候带,大于 2 的为干旱带(包括荒漠带)(图 1)。由图 1 看出,黄河中游半干旱带的范围大致介于年降雨量 350~500mm 等值线之间。

### 二、半干旱带侵蚀环境的形成与特点

(一)半干旱带自然环境的形成 区域侵蚀特点是严格地受到环境因素的制约,探讨半干旱带现代环境的形成与特点是正确分析与认识引起侵蚀发生、发展原因的根本。至今学术界对黄河中游半干旱带的环境发生、发展过程的认识分歧颇大,对半干旱带环境脆弱的由来,多数人缺乏正确的认识。

早在燕山运动末期,在我国大部分地区成为准平原,全球气候比现今要温暖得多,北半球温带的位置较今要向北推移 15~20 个纬度,<sup>[2]</sup>赤道至极地的温差没有现今悬殊,气候比较均一,行星风系的环流形势占据优势地位,当时在这种气候条件下及其所反映的自然地理纬度地带性,在我国大体表现为东北是暖温带针、阔叶混交林带,华北南部及黄河中下游为亚热带针叶、阔叶混交林带,气温较高,雨量较小,沉积红色岩层。

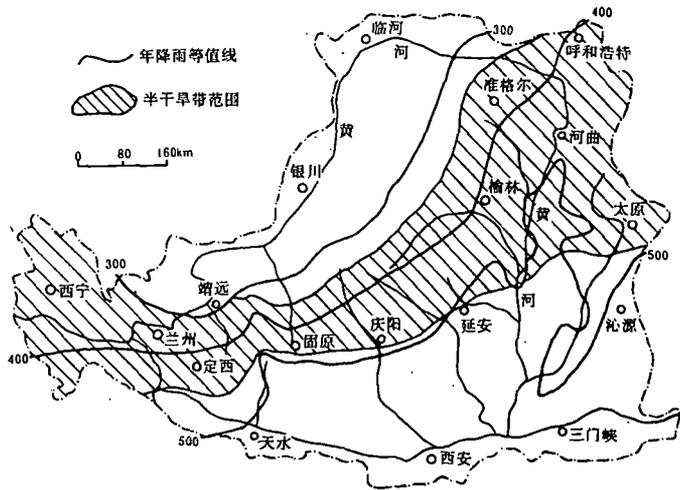


图 1 黄河中游半干旱带位置

进入第三纪,在喜马拉雅构造运动驱使下,不仅使喜马拉雅山和台湾山地先后隆起,全国的地面发生大规模的构造变形;到了第三纪末期,喜马拉雅山地和青藏高原分别上升到 2 000m 以上和 1 000m 左右。尔后经过第四纪期间的强烈隆升,成为世界上最高的山脉与高原,其海拔高度分别达到 7 000m 以上与 4 000~5 000m。喜马拉雅山构成了天然的气候屏障,对我国的地理环境产生重大影响,对亚洲甚至整个北半球的大气环流形势的变化起了极其重要的作用。由于高原本身的地理位置和动力作用,因而诱发了印度洋季风气候,同时强化了东亚的季风环流。喜马拉雅山脉和青藏高原作为气候屏障使印度洋季风难于向北推进,位于高原以北的西北内陆地区处在雨阴区,冬季干燥寒冷,夏季高温少雨,促进了内陆盆地中的沙漠、戈壁、盐湖的大发展。位于青藏高原以东的我国东部广大地区地势较低,濒临西太平洋,夏季盛行东南季风,气温高、雨量丰沛;冬季受西伯利亚高压控制,气温低、雨量少。由此可以看出我国季风气候的出现和加强是伴随着青藏高原的崛起应运而生。季风的影响范围如图 2 所示。由图 2 可知,半干旱带位于季风区和非季风区之间的过渡带,因此多半把半干旱气候带称之为大陆性季风气候区。由此可知,半干旱气候带的形成不是现代气候过程,而是一个地质历史过程。

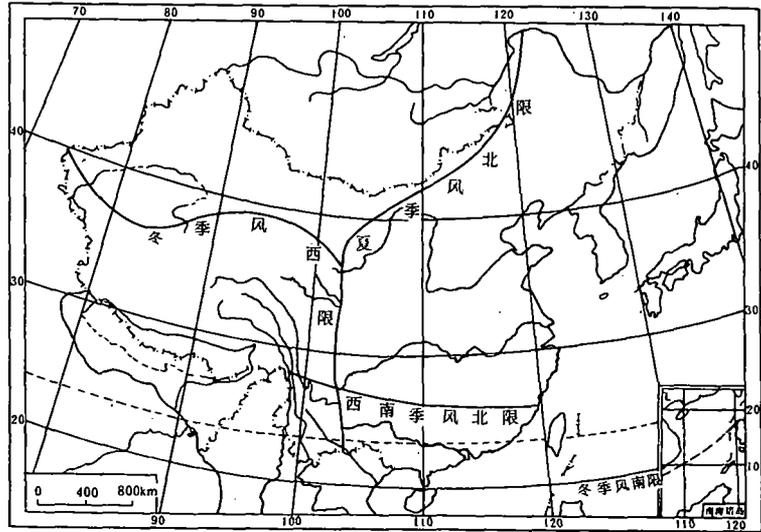


图 2 我国季风影响范围

(二)半干旱带的环境特点

这里的环境包括两个方面,一是自然环境;二是人文环境。半干旱带的环境基本特征主要有以下方面:

1. 降雨的波动性与集中性。

(1)降雨的波动性。每个地区都有相对的年降雨量,年降雨量的分布都是波动的,但是波动的幅度各地不尽相同。降雨的波动幅度可用降雨变率表示。所谓平均变率是指各年(月)降雨量距平(绝对值)的平均,再除以平均年(月)降雨量。

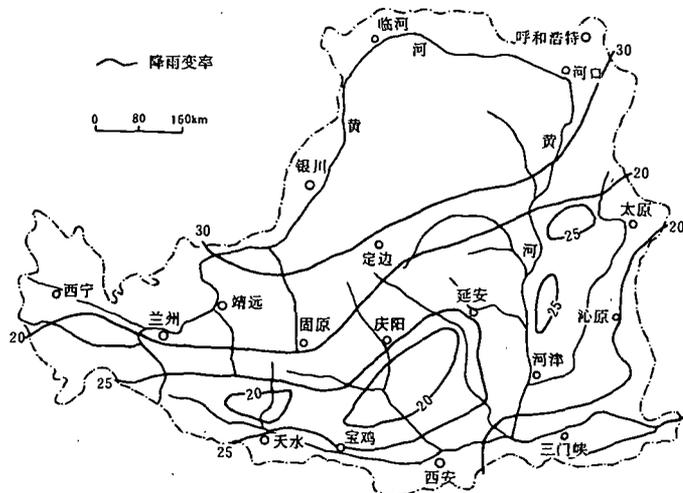


图 3 黄河中游降雨变率等值线图(%)

我国大部分地区的年降雨量的平均变率为10%~30%之间,变率变化的总趋势是由南而北变率越来越大,在长江以南一般10%~15%,而长江以北至秦岭,淮河一线为15%~25%,而秦岭以北的黄河中游为20%~30%,在半干旱带区域是25%~30%(图3)。(2)降雨的集中性。由于半干旱带处于东亚季风影响边缘,因此年内降雨季节性变化明显,大多年份降雨集中在7~9三个月。这三个月的降雨量要占到年降雨量的55%~70%。而在7~9三个月中,往往又是集中在8月份;该月的降雨量要占这三个月降雨总量的40%~45%,有些年份还更大。

表1 黄河中游代表性大暴雨和特大暴雨<sup>(a)</sup>

序号	暴雨中心点	暴雨中心雨量(mm)	发生时间年、月、日
1	内蒙古乌审旗 <sup>△</sup>	1400	19770801
2	山西霍县 <sup>△</sup>	600	19700810
3	陕西神木县杨家坪 <sup>△</sup>	408.7	19710724
4	山西夏县	400	19690821
5	山西平遥 <sup>△</sup>	365	19770804~05
6	山西静乐 <sup>△</sup>	300	19770617
7	甘肃环县 <sup>△</sup>	300	19330806~10
8	陕西旬邑职田	298	19600704
9	陕西清涧	280	19770804~05
10	山西朔县 <sup>△</sup>	250	19620705
11	陕西安塞 <sup>△</sup>	244	19330806~10
12	西峰能家庙 <sup>△</sup>	240	19880723
13	宁夏泾源	235	19330806~10
14	陕西安基 <sup>△</sup>	228	19770704~05
15	陕西彬县	215	19540902
16	陕西子洲石湾 <sup>△</sup>	212.6	19710723
17	青海湟中 <sup>△</sup>	200	19770801

注:△表示位于半干旱带的暴雨中心点

### 3. 植被类型简单,覆盖度小。

半干旱带是森林草原带向典型草原带的过渡带,但主要是草原带。植被的主要特点是各种各样的草原植被占优势。北缘是贝加尔针茅、羊草、本氏针茅草原和沙地油蒿灌丛;半干旱带的南部是长芒草原、菱蒿草原,本氏针茅灌丛草原,乔木有蒙古栎林、樟子松林、侧柏疏林。

半干旱带是农牧交错地带,应以牧为主的地域生境,但由于黄河中游半干旱带人口密度大,成为以农为主的地区。大部分地区都或多或少地受到人类活动的影响,凡是可耕的土地都已垦殖,因而天然草地在长城以南几乎不存在,在长城以北的沙地区尚有部分存在,而森林更是如此,除少量人工林外,天然林几乎不存在。在长城以南以裸地为主,植被盖度小于10%;长城以北沙地以沙生

半干旱带的降雨大都以暴雨的形式降落,如陕西省绥德县的年均降雨量为502mm,7、8两月的降雨量分别为103.8mm和117.2mm。这两个月降雨量的70%为暴雨,甚至一场暴雨的降雨量等于月降雨量。根据统计(表1),黄河中游的大暴雨和特大暴雨大都发生在半干旱带。

### 2. 地表组成物质结构疏松。

上文已经论述了该区地质时期的中生代及新生代早期气候干热,普遍的沉积了一套内陆相的红色碎屑岩系地层。这一套地层沉积后都未经过强烈的成岩作用,第三纪红层未完全成岩。因此地层的物质结构松散,胶结很差。在半干旱带的南部即年降雨量400mm等值线以南的地区,在第四纪又普遍的堆积了黄土,该区域内的黄土砂粒含量高,又称之为沙黄土。由此可见,无论是中生代的基岩,或者新生代的红土或黄土结构都比较松散。

半干旱带属大陆性季风气候,不仅季节之间的温差变化大,而且日较差也大,温度年较差30~40℃,一月平均气温日较差一般在10~13℃,7月平均气温日较差13~15℃。此外该气候带冬春季风日多,大于5m/s起沙风出现次数约85~370次,风速大,>17m/s的大风日25天左右。这样的气温差及风日都能促使与加速地表物质的风化,使地表物质结构更加松散并减弱了地表物质的抗蚀能力。

植物为主,植被盖度可达 30%~40%,甚至更高。

#### 4. 人类活动强度大。

半干旱带是汉民族和少数民族杂居区,是开发历史比较悠久的地区,也是历史上战争角逐的地区,这里的自然生态环境受到很大的破坏,近期非农区的过牧现象比较严重,据调查一般超载率为 27.6%,而且至少持续了 20 年之久<sup>[4]</sup>。由此引起植被退化,沙生植被成分明显增多,同时土地沙漠化扩大,风蚀增强。而在半干旱带的南缘人口密度多在 50~100 人/km<sup>2</sup>,一般认为半干旱带的人口密度不能超过 20 人/km<sup>2</sup>,这显然已大大地超过了自然容量。由于人口的超载带来的最大问题是毁林开荒、毁草开荒,陡坡开荒,使土地利用结构不合理和垦殖指数过高。这样的结果导致植被破坏,土地退化,土壤侵蚀增强。

黄河中游半干旱带地下资源丰富,尤其地下的煤炭资源更为突出,拥有我国乃至世界罕见的特大煤田,成为我国商品煤基地。据不完全统计,半干旱带的六大煤田(山西东北部、平朔、榆神府、准格尔、东胜、宁夏宁东)储量 2 800 多亿 t。现今乃至未来煤田大规模开发和交通、城镇建设都将导致土地沙漠化和土壤侵蚀的加剧,单神木煤田开发每年就可增加入黄泥沙 1 300 万 t。

### 三、半干旱带的侵蚀特点

侵蚀环境系统是由侵蚀环境要素子系统和侵蚀营力子系统组成。(图 4)。环境子系统之间和子系统内部物质能量的交换过程都是复杂的过程。这种过程的结果,是表现出各种侵蚀特点:

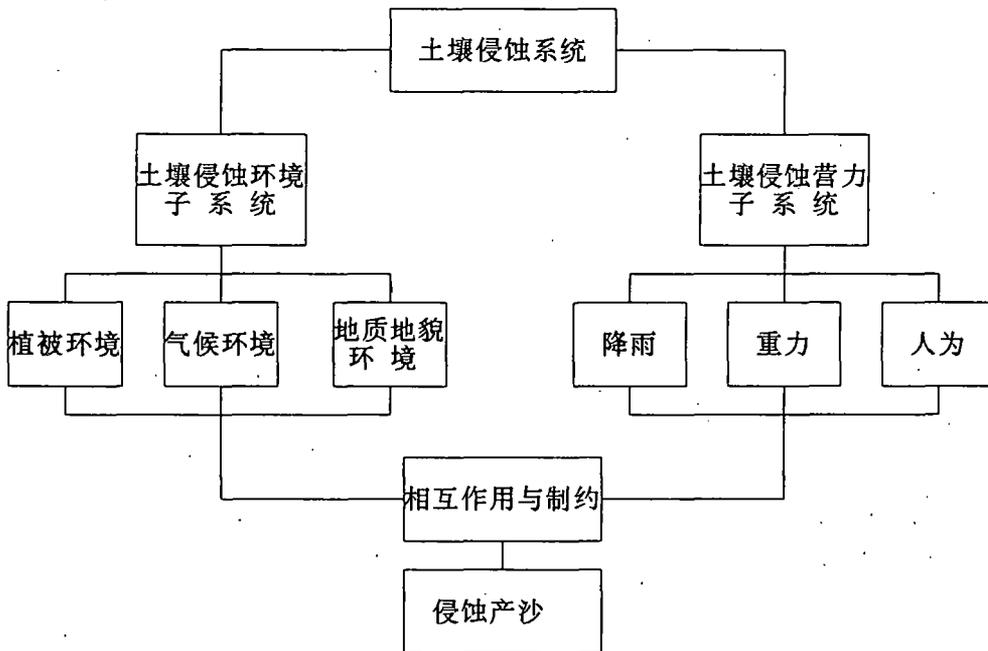


图 4 土壤侵蚀环境系统结构框图

(一)侵蚀产沙类型复杂 目前众多的文献中都没有将类型与方式严格地区分,经常出现同一现象不同命名;更为混乱的是在同一文献中出现类型与方式相提并论的现象。笔者理解类型与方式内在关系并不是并列的,它们之间是一个不可分割的统一体。类型与方式之间,类型是主,方式是服从于类型。实际上侵蚀产沙类型本身是一个系统,侵蚀方式是一级子系统,侵蚀形态是二级子系统。根据这样的思路,依据侵蚀营力可以分成水蚀、风蚀、重力侵蚀、人为侵蚀等四大类型。水力与风力侵蚀均属地带性因素,重力、人为侵蚀属非地带性因素。风力是干旱区的主导侵蚀营力;水力是湿润

地带的主要侵蚀营力;而重力和人为侵蚀类型在各种自然环境带都可存在。半干旱带属于过渡带,地带性侵蚀营力水力与风力同时存在,因而该区既有风蚀类型又有水蚀类型,同时该半干旱带部分地区又是强烈的新构造活动区和强烈的人为活动区,所以重力侵蚀类型和人为侵蚀类型也很普遍,由此可见在半干旱带上述四种侵蚀类型同时存在,而无论在干旱带或湿润带这四种类型都不可能同时存在,至多只有上述四种中的三种侵蚀类型,同时存在。

上述的四种侵蚀类型尽管同时在半干旱带存在,但内部分异也极其明显,一般规律是由北向南,由西向东,水力侵蚀类型由弱变强,风力侵蚀类型由强变弱,重力侵蚀视距侵蚀基准点的距离,离黄河越近重力侵蚀越强,人为侵蚀类型强度是波动的,规律性不明显。

(二)侵蚀产沙地层多样性 黄土高原的侵蚀产沙地层从震旦纪至第四纪几乎每个地质时代的地层都有出露。但对于产沙而言,不是每个时代的地层对产沙都有等同的贡献,其中只有某些地层对产沙有较大的贡献,如中生代的砂岩、第三纪的红土、第四纪的黄土等。黄土高原的所有产沙地层可以概括为三大类:一是第四纪黄土及黄土状岩石;二是基岩(包括第三纪红土);三是风成沙。在黄河中游半干旱带以南地区的产沙地层是基岩和黄土,在以北地区产沙地层是风成沙和基岩,而在半干旱带三类产沙地层都同时存在,但有区域分异。在半干旱带的北部以风成沙和基岩为主要产沙地层,以南则以黄土为主,基岩为副。

半干旱带的产沙地层不仅存在水平分异规律,而且垂直方向也有一定的分异性;半干旱带的北部产沙地层的出露如图 5a,南部如图 5b,半干旱带的中部出露地层如图 5c。总的特点是沟谷以基岩产沙为主,沟间产沙北部以风成沙为主,南部以黄土为主,中部黄土风成沙兼有。

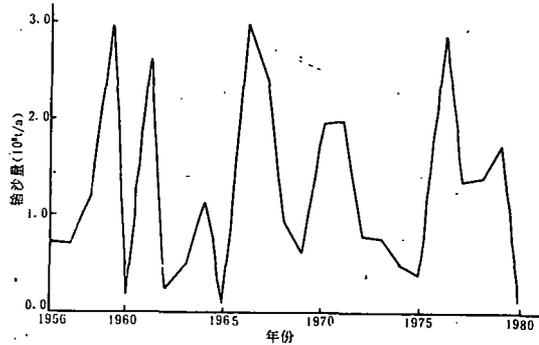


图 5 半干旱带垂向地层出露示意图

### (三)侵蚀产沙的集中性与波动性

#### 1. 侵蚀产沙的集中性。半干旱带

侵蚀产沙的集中性表现在空间的集中性和时间的集中性两方面:(1)侵蚀产沙的区域集中性。半干旱带的侵蚀产沙区域大致集中在长城以南的 8 万  $\text{km}^2$  范围内,其区域产沙量大约占黄河泥沙总量的 60% 以上,这个区域位于晋陕蒙峡谷地区,洛河上游,泾河的马连河上游。而在这 8 万  $\text{km}^2$  的范围内侵蚀产沙又有强中之强和强中之弱之分;其中皇甫川、孤山川、窟野河中下游、佳卢河属于强中之强区,年输沙模数在 2 万  $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  以上。除此以外,在半干旱带还有几个产沙量相对集中的流域,如谓河上游的葫芦河、散渡河、祖厉河、清水河的折死沟等年输沙模数都在 7 000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  左右。

(2)侵蚀产沙的时间集中性。侵蚀产沙的时间集中性主要表现在年内月际间;年输沙量主要来自汛期三个月(7~9月),一般这三个月的产沙量占年沙量的 90% 左右。在这三个月中又集中在几场暴雨,最大 5 日产沙量要占到年沙量的 40%~75%(表 2)。有时一场暴雨的产沙量可占到年产沙量的 50%,相当于年均产沙量的 1 至 3 倍,有时甚至更大(表 3)。表 2 所列举的几场特大暴雨产沙量在黄河中游是比较普遍的,例如绥德韭园沟 18 号径流场小区 1954~1960 年共发生流降雨 50 次,其中 11 次的暴雨产沙量占多年总沙量的 83.3%。天水站 3 号径流小区 1945~1957 年共发生流降雨 54 次,其中 11 次暴雨侵蚀产沙量占多年总沙量的 87.0%。从以上情况可以看出侵蚀产沙的高度集中性。

表2 半干旱带几条主要河流产沙的几个特征值

流域	测站	年输沙量 (亿 t)	最大五日输沙量		汛期输沙量		最大1日输沙量		年份 (年)
			输沙量 (亿 t)	占年输沙量的 百分数(%)	输沙量 (亿 t)	占年输沙量的 百分数(%)	输沙量 (万 t)	占年输沙量 百分数(%)	
无定河	白家川	1.92	0.644	33.5	1.822	94.4	2030.4	10.57	1973
孤山川	高石崖	0.355	0.1608	45.2	0.3527	99.4	1157.2	32.6	1976
皇甫川	皇甫	0.591	0.1902	32.2	0.5746	97.2	1814.4	30.7	1976
窟野河	温家川	2.88	1.823	63.2	2.8618	99.4	17625.6	61.2	1976
秃尾河	高家川	0.278	0.0956	32.1	0.2599	87.2	452.7	15.2	1976

表3 半干旱带一次特大暴雨的侵蚀强度

地名	暴雨中心 降雨量 (mm)	时间 (年、月、日)	历时 (h:min)	洪水		泥沙		测站
				径流量 (m <sup>3</sup> )	占年总量 (%)	冲刷量 (t/km <sup>2</sup> )	占年总量 (%)	
神木杨家坪	408.7	1971 07 24	12:0	24285.9	24.2	13592.1	59.4	沟口站
绥德韭园沟	45.1	1956 08 08	2:30	17600.0	48.7	4668.0	70.0	沟口站
天水吕二沟	74.3	1962 07 26	20:45	8834.0	62.5	2416.0	82.3	沟口站
西峰董庄沟	99.7	1960 08 01~02	20:57	7085.0	56.5	3105.0	66.3	沟口站

2. 产沙量的波动性。通常所说黄河年输沙量16亿t,这是平均而言,实际上波动幅度很大,如陕县站自有记录以来实测最大年输沙量为 $43.9 \times 10^8 \text{t}$ (1933年),最小为 $4.88 \times 10^8 \text{t}$ (1928年),二者相差9.9倍。这是大流域的情况,中小流域产沙的年际变化更为显著,如窟野河流域其出口站温家川的多年平均输沙量是1.16亿t,而最大年输沙量和最小年输沙量可相差57倍,约64%的年份输沙量小于平均值。(图6)

#### 四、环境治理对策

半干旱带的脆弱生态环境特征是由地理环境因素所决定,在当今人们还无法彻底改变这种环境属性,只能

维持和保持与生物气候带相适应的生态环境。当前黄河中游半干旱带生态环境与生物气候已不相适应,若要恢复到与生物气候带相适应,那么就要追究其原因,有针对性的寻求对策。根据多年的环境研究认为,不相适应的根本原因是由于人为不合理的社会经济活动所致。为此,环境治理的对策是:

(一)调整人地关系 半干旱带人地矛盾十分尖锐,大多数地区的现实人口承载量已大大超过土地的允许承载量,而且人口还在不断的增加。由于这个地区人们历来以农业为本,人们为了生存就要全力以赴的依靠土地,采取掠夺式的生产,在人地矛盾中,人是矛盾的主要方面,约束人的行为是缓和人地矛盾的关键,其中控制人口数量,提高人口素质是缓和矛盾的核心。

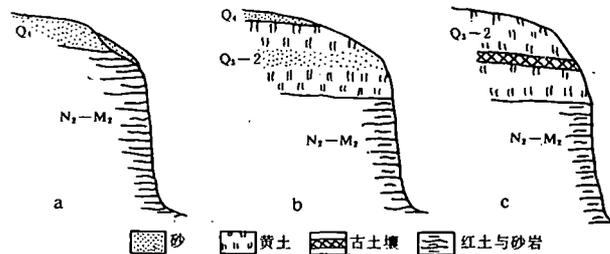


图6 温家川年输沙过程线

(二)调整土地利用结构 黄河中游半干旱带土地利用的总体特征是农耕地所占比重过大,约占 30%,林地和草地比重过小,而在农耕地中大约 80%用于粮食生产,而且又是坡耕地,约占 90%,为此,粮食产量低而不稳。这样的土地利用结构不仅使生态环境进一步恶化,而且还限制了经济的发展,为了改变这种单一生产结构,必须首先建设基本农田解决吃饭问题,在此基础上用更多的地建设草场,发展畜牧业,使该地区成为名副其实的农牧交错区。

除上述两点外还需调整产业结构,为此应全面加强以能源重化工为主,包括农业、交通运输、科教的基础产业,相应发展具有地区特色的加工业,提高区内农业与工业之间的产业关联度。

#### 参 考 文 献

(1)任美镔等。中国自然地理纲要。上海:商务印书馆,1982年

(2)赵松乔等。现代自然地理。北京:科学出版社,1988年

(3)中国科学院黄土高原综合科学考察队。黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径。北京,科学技术出版社,1991年

(4)中国科学院黄土高原综合科学考察队。黄土高原地区北部风沙区土地沙漠化综合治理。北京:科学出版社,1991年

~~~~~  
(上接第 10 页)

需要。1992年5月召开的全国第5次水土保持工作会议,提出的90年代水土保持的总目标任务是:全面管护,重点治理,强化预防监督。主要目标是水土流失恶化趋势基本得到控制,在继续抓好全国14片重点治理的基础上,在七大江河,尤其是黄河、长江中上游,以及三峡等大型水利水电枢纽工程库区的严重水土流失区,要采取大面积种草,栽植林果,绿化荒山,闸沟造地、坡改梯,加快治理步伐,力争实现年治理面积再翻一番。

水土保持是山区发展生产的生命线,是国土整治,江河治理的根本,是国民经济和社会发展的基础。这是我们必须长期坚持的一项基本国策,利在当代,造福子孙。只要我们抓住机遇,解放思想,大胆改革,真抓实干,90年代水土保持工作一定会开创新的局面。