

中国科学院地理研究所 编辑

地理集刊

第 16 号

地 貌

科学出版社

中国科学院地理研究所 编辑

地理集刊

第 16 号

地 貌

348927

科 学 出 版 社

1985

内 容 简 介

本集辑选了有关地貌学研究方面的论文共 11 篇。其中河流地貌学方面的论文五篇,分别以黄河和我国南方的某些河流为例,探讨了河床演变和成因,边界条件与河型的关系;运用模拟试验方法研究了新构造运动对河型的影响。喀斯特地貌方面的文章二篇,分别讨论了广西红水河岩滩水库的渗漏问题,对电导率方法在喀斯特地貌研究中的运用作了论述。其他还包括用实例阐明碎屑矿物分析法在解决第四纪沉积环境某些问题中的有效性,用表土孢粉分析讨论了庐山垂直带的孢粉组合特征,用红外遥感图象对云南腾冲地区的地质地貌分析,以及详细介绍大兴安岭北段东南坡的冰缘地貌特点的四篇文章。

本集可供地理、地质、水利等工作者和大专院校有关专业师生参考。

地 理 集 刊

第 16 号

地 貌

中国科学院地理研究所 编辑

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985 年 7 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

1985 年 7 月 第一次印刷 印张:7 1/2 插页 2

印数:0001—1,900 字数:169,000

统一书号:13031·2915

本社书号:4453·13—13

定 价: 2.00 元

目 录

宁夏清水河中、上游河床演变初步分析·····	陆中臣、杨毅芬 (1)
我国南方某些分汊性河道的初步研究·····	
·····陈志清、尤联元、濮静娟、罗海超、周镇海、钟行英	(14)
边界条件在河型形成中的作用·····	许炯心 (25)
地壳升降运动对河型影响的实验研究·····	洪笑天、郭庆伍、马绍嘉 (38)
黄河下游河谷不对称原因的分析·····	舒晓明 (53)
广西红水河岩滩水库左岸喀斯特区域渗漏问题的研究·····	
·····张耀光、房金福、宋林华、顾钟熊、陈治平	(61)
电导率在喀斯特水文研究中的应用——以贵州省德江县城关地区为例·····	宋林华 (72)
试论碎屑矿物分析法在第四纪沉积环境研究中的某些应用·····	谢又予 (82)
庐山表土孢粉分析·····	李文漪 (91)
腾冲试验区红外遥感图象地貌分析·····	濮静娟 (98)
大兴安岭北段东南坡的地貌特征·····	陈永宗 (106)

宁夏清水河中、上游河床演变初步分析*

陆中臣 杨毅芬

清水河是黄河中游右岸的一条支流,发源于固原南部开城公社的黑刺沟脑,流经固原、海原、同心至中宁县泉眼山附近注入黄河。全长约 320 公里,流域面积 14481 平方公里,河道平均比降 1.49‰。工作范围为韩府湾以上的干流,长约 139.2 公里,占清水河整个河长的 42%,占全流域面积的 34%。本文重点研究沈家河水库至石景河间干流段(长约 86.2 公里)的河道演变。

一、清水河中、上游地质时期的演变

(一) 地质构造基础

清水河河谷为一褶皱断陷谷地。它的北端、西翼为祁连地槽褶皱带,东邻鄂尔多斯地台,南隔渭河地堑与秦岭地轴相望(图 1)。

喜马拉雅运动,使东西两侧山地上升,中间凹陷,沉积了巨厚的第三纪地层。此时,清水河谷地基本定形。第四纪以来,周围山地仍继续上升,谷地相对下沉。清水河谷断陷带基底并不平坦,在纵向上清水河大致流经三个次一级构造带;即泾源断裂带、固原挠曲带,清水河谷地挠曲褶皱带。清水河河谷及其周围山地,继承了老构造运动的特点,六盘山区在继续上升,清水河谷地范围内,固原县以西的路家梁在缓慢地上升,清水河挠曲褶皱带总的趋势是下降。目前清水河挠曲带下陷最深,在盘河一带,第四纪沉积厚度可达 200—300 米。据钻孔资料分析¹⁾,清水河谷地(沈家河—石景河),沉积物的厚度由南往北逐渐加厚,其中固原—二营厚 15—25 米,二营—三营为 70—90 米,三营—黑城 100—150 米,黑城—盘河 200—300 米,表明黑城—盘河相对凹陷最深。

清水河谷发育有二级阶地(图 2a, b, c),固原一带为内叠阶地,扬郎、三营为上叠阶地。内叠阶地表明地壳相对上升,河流下切作用较强;上叠阶地表明地壳相对下沉,河流的下切作用没有超过河流的沉积作用。

近期地壳活动表现为强烈的地震和地壳形变方面。1920 年海源大地震(8 级),竟将半个山体塌倒谷底。小地震经常不断。据水准测量资料分析:六盘山东麓断裂带东侧相对上升,年变率约 2—3 毫米,清水河谷地有升有降。固原—头营是上升区,平均上升 0.59 毫米;头营—黑城为下降区,平均下降 1.96 毫米;七营—韩府湾有升有降,总体接近平衡

* 参加此项工作的还有:地理所蒋平、舒晓明、张义丰、刘恩宝,固原县水电局刘福海、潘玉仁。沙样分析由宁夏自治区农勘队承担。

1) 根据宁夏水文地质工程地质大队钻孔资料。

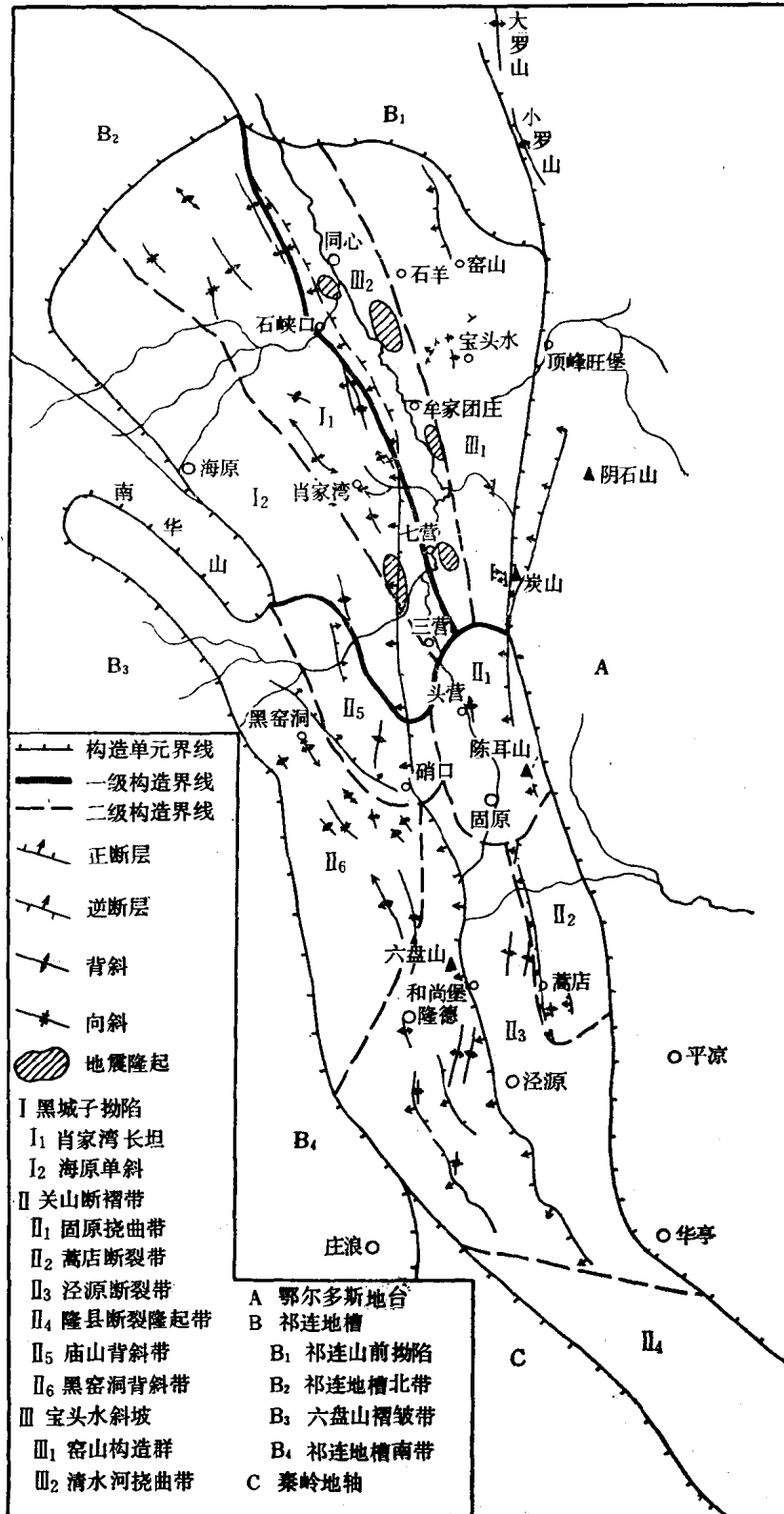
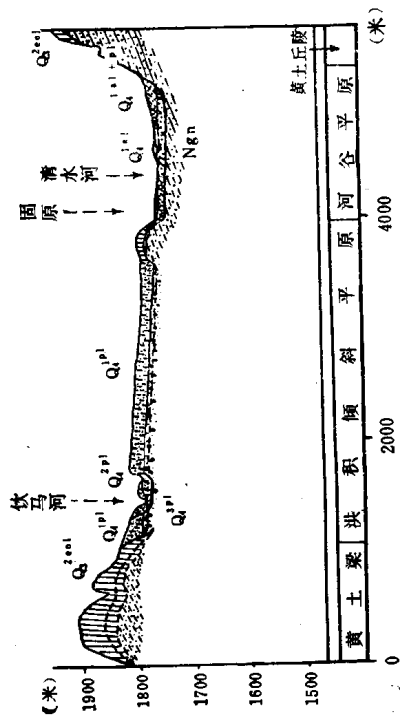
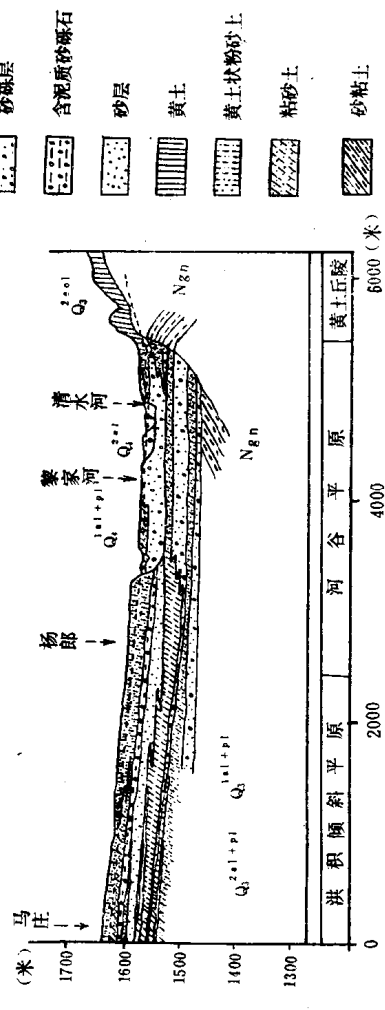


图1 六盘山区大地构造图(据银川石油勘探局资料)

a 固原



b 杨郎



c 三营

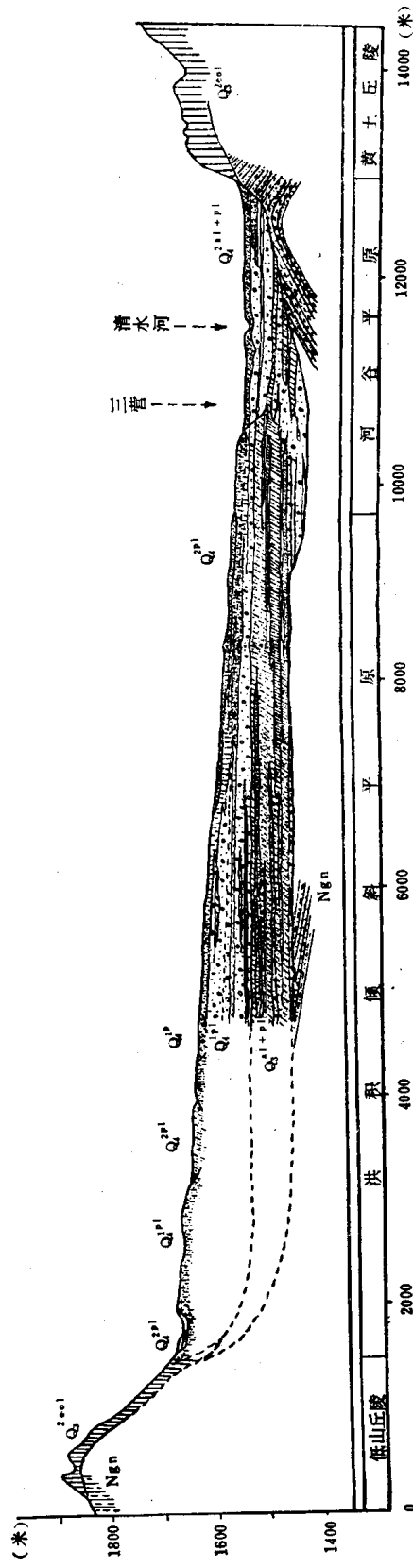


图2 清水河河谷阶地横剖面(据宁夏水文地质队资料)

状态。

(二) 清水河河谷的形态特征

清水河中、上游谷地较为宽广,宽达2—15公里。谷地内除了黄土源和山前冲积—洪积扇裙外,主要是河谷冲积平原。河谷冲积平原包括一、二级阶地和高、低河漫滩。第二级阶地沿河零星分布;第一级阶地沿河两岸连续分布,为河谷平原的主要组成部分;高低河漫滩因受曲流侧蚀摆动影响,沿河犬牙交错。

第二级阶地高出枯水位30—40米,海拔高程1660—1460米,阶面平坦并微向河床倾斜,宽50—1000米,纵比降约为2.08‰。

第一级阶地高出枯水位5—13米,靠上游相对高差小,往下高差大,海拔高程1625—1444.7米,阶面局部有起伏,阶面宽约1—10公里。纵比降约为2.09‰。

高河漫滩高出枯水位3—5米,海拔高程1622—1431.75米,一般宽200—800米,纵比降约为2.21‰。

低河漫滩高出枯水位1—3米,海拔高程约为1619—1430米,纵比降为2.19‰。

清水河中、上游发育了两级阶地和高低河漫滩,各级阶地纵比降大致一样,约在2—2.2‰左右,说明河流从地质时期发育以来,纵向的冲淤状况比较接近。

二、清水河中、上游河床近期的演变

冲积性河流河床的演变过程,一般包括横向变形和纵向冲淤变化;现分述如下:

(一) 横 向 变 形

主要分析边界条件与河床平面变形的关系。

1. 边界条件和河床平面变形

根据野外查勘和航空相片的分析,清水河从沈家河至石景河段,河型不尽相同,大致可分为分汊型和弯曲型两大类。沈家河至樊堡为分汊型,樊堡至石景河为弯曲型,其中樊堡至三营为开扩式(平缓型),三营至五营为紧密式,五营至石景河为大跨度的弯曲。

河型沿程的不同,与边界条件关系密切,现将河床、河漫滩和河岸组成物质的沿程变化分述如下:

(1) 河床组成物质的沿程分布 沈家河至石景河河段属于清水河中、上游,除受六盘山风化物质影响外,还受几条大支流注入的影响,河床质的组成以砂砾为主。因此清水河河床质平均粒径的沿程变化,除遵循从上往下由粗到细的规律外,但在有支流汇入的地方,如苋麻河、中河河口平均粒径又有所增大。

河床组成物质沿程分布可分为二个区间。固原至三营,河床质主要成分为泥岩,泥灰岩块,粒径大小不一,最大者可达15—20毫米,分选较好,砾石多呈偏平排列,磨圆较差。

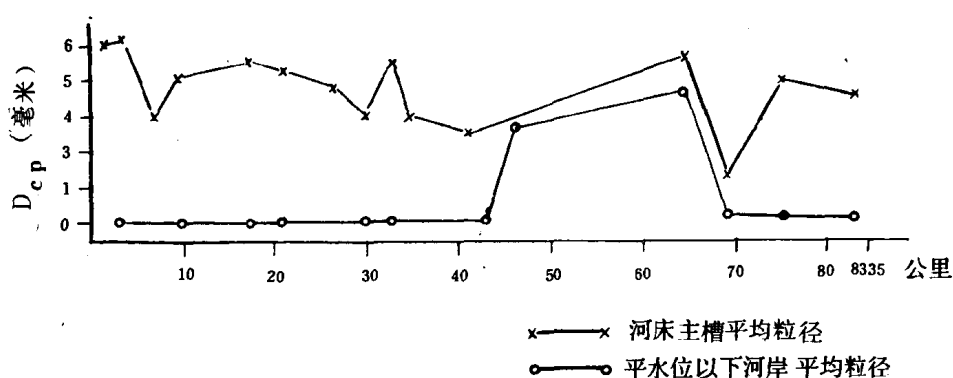


图3 河床河岸平均粒径沿程变化

三营至盘河：河床质除有灰色泥岩成份外，还有紫红色砂岩，砂页岩及石膏片，这是因宽麻河、中河汇入的影响；粒径不均，中等浑圆。有关河床组成物质沿程变化见图3。

(2) 河漫滩组成物质的沿程分布 河漫滩组成物质与主槽物质，没有根本上的区别，从上游到下游，颗粒逐渐由粗到细，如沈家河滩地的组成物质的平均粒径为5.101毫米，刘家堡为4.497毫米，罗泉河为2.596毫米，南坪为1.829毫米，七营为0.1998毫米。

(3) 河岸组成物质的沿程分布 河岸组成物质与河流的平面形态有直接联系，在其它条件相似的情况下，若河岸组成物质不同，则河型亦不同。就清水河中、上游段，河岸组成物质沿程分布大致可分为四个不同的河段。第一段，沈家河至头营，为次生黄土组成（亚砂土）的低河岸，岸高5—6米。以马家园子为例，河岸由单一的亚砂土组成，平均粒径为0.04035毫米，结构疏松，利于河床的侧向展宽。第二段，头营——三营：为亚粘土组成，以南川为例；河岸组成物质为二层，上层为亚砂土，下层为亚粘土。平水位以下河岸平均粒径为0.02915毫米，结构紧密，当河流侧向摆动到岸前时，则有一定的约束作用，不利于河流凹岸侵蚀后退。第三段，三营至五营；河岸组成物质差异较大，其中三营至杨河河岸为粉砂，亚砂土，杨河至五营河岸下部组成物质较粗，上部较细。如下庄河岸基本上分为三大层，最下层为粗砂砾石层、中层为亚砂土，上层为粉砂，平滩水位下，平均粒径为2.6451毫米，结构疏松，很利于水流的淘蚀，致使河岸后退，发育成紧密式河湾。第四段，五营至七营：为浅棕红色亚粘土组成，以瓦窑为例；河岸组成物质是由单一的亚粘土组成，河岸高，结构较紧，不利于河道自由摆动（图4）。

2. 边界条件对平面形态的影响

(1) 河床、河岸组成物质相对可动性 任何一种河型都是水流和河床相互作用的结果，沈家河—石景河段河型多样，除了来水来沙及人类活动等影响外，河床和河岸组成物质的粒径、结构及其相对可动性的影响是不可忽视的。

沈家河—樊堡段，河道向宽浅方向发展。主要是因为河床和河岸组成物质相对可动性相差较大，河床为粗颗粒，河岸为细颗粒，河岸的可动性大于河床的可动性，加之结构疏松，更利于河道侧蚀展宽。

樊堡—三营段河床组成物质粗，河岸组成物质细，就平均粒径看，相差较大，但河岸组

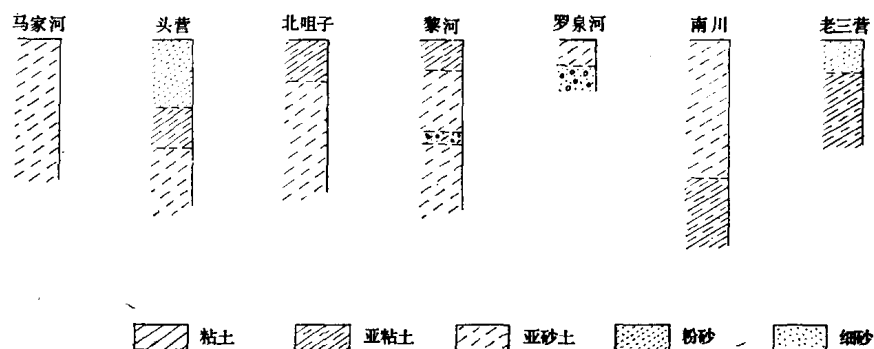


图 4 清水河(沈家河—盘河)

表 1 河床、河岸相对可动性

剖面位置	河床质平均粒径 (毫米)	河岸物质平均粒径 (毫米) ——平水位以下	河床和河岸 相对可动性	说 明
马家园	5.262	0.04035	岸动»床动	河岸物质平均粒径虽细,但结构紧,粘粒含量高,抗冲性较强
南 川	2.995	0.02915	岸动=床动	
南 坪	4.595	3.52074	岸动>床动	
瓦 窑	4.300	0.03057	岸动~床动	

表 2 河岸后退速度与粘粒(<0.005毫米)含量百分率的关系

河 弯	段家堡子	黎 河	马 电	老三营	孙 河	杨 河	下 庄	邓家河	七营 (瓦窑)
凹岸后退速度(米)	50	40	30	基本稳定	70	50	50	60	10
河岸粘粒含量(%)	6.7	15.08	23	29.5	6.2	6.0	1.6	2.5	22

成物质结构紧,粘粒含量高,对河床侧蚀摆动有一定的约束性,河道发育为一般平缓弯曲。

三营—五营段河床、河岸组成物质都粗,从图 4 可以看出,杨河—邓家河段,虽然平均粒径相近,但河床质仍粗于河岸物质,致使河岸的可动性大于河床的可动性,加之河岸物质结构松散,河岸易于倒坍,形成紧密型河弯(表 1)。

(2) 河岸后退速度与粘粒含量百分率的关系

分析表明:河岸的后退速度随着河岸(平水位以下)粘粒含量百分率的增加而减小。马电、三营、瓦窑河岸粘粒含量百分率在 20% 以上,河岸相对稳定。三营—五营,孙河,杨河、下庄、邓家河河岸粘粒含量较低,在 10% 以下,河岸后退速

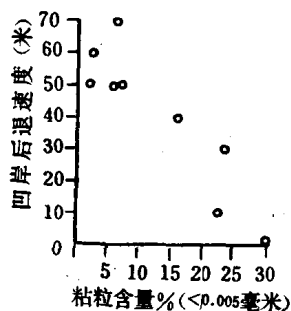
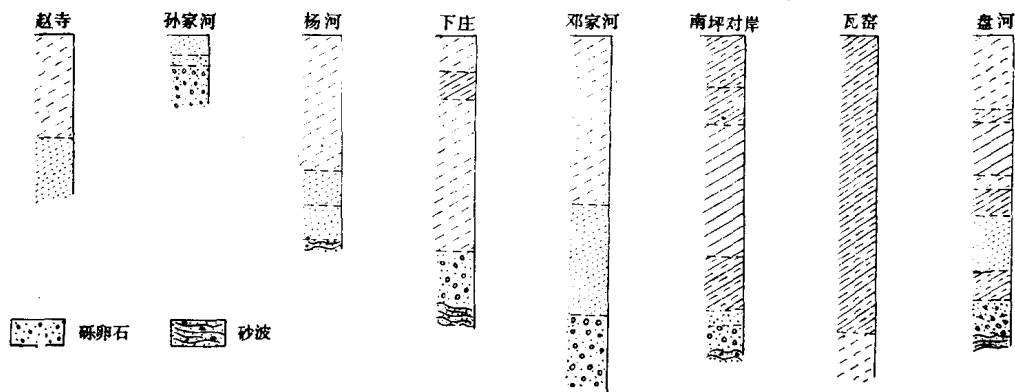


图 5 河岸后退速度与粘粒含量百分率关系



河岸岩性柱状图

度相对较快(表 2, 图 5)。

(二) 河床纵向冲淤变化

下面就清水河河床较长时期内冲淤平衡问题和在一个水文年内的冲淤变化规律加以论述。

1. 清水河河床在较长时期的平衡问题

冲积性河流,都有其自动调整作用,经过长时期水流和河床的相互作用之后,河床的冲淤接近平衡,但因上游的来水来沙多少不一,该河段就会出现时冲时淤的现象,所以说,河床的冲淤是绝对的,平衡是相对的,冲刷和淤积基本相互抵销,不发生单向的侵蚀下降和堆积上升现象。

(1) 清水河输沙平衡情况 从清水河固原、韩府湾两站单位面积输沙量资料,计算的河段河床的冲淤量和冲淤深度看,17 年来,除 1961—1964 年和 1969—1972 年连续冲

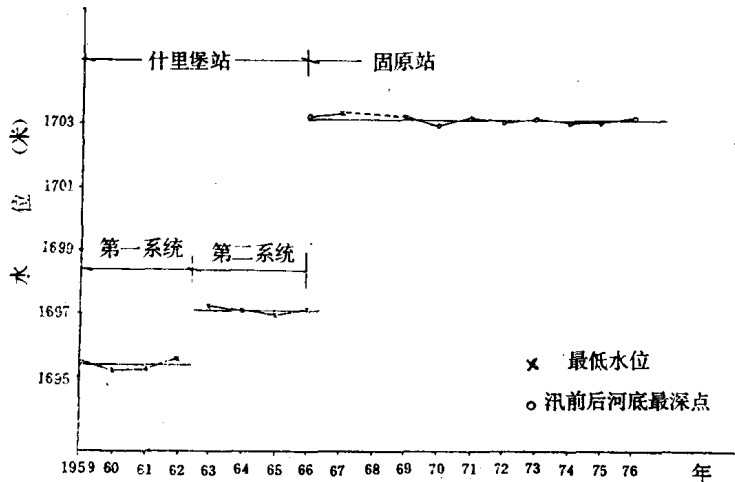


图 6 什里堡、固原站最低水位历年变化

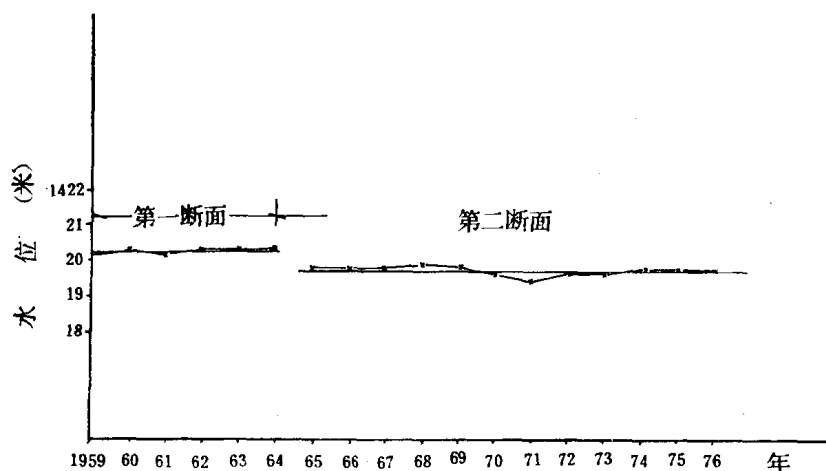


图7 韩府湾站最低水位历年变化

刷之外,其余年份基本上为冲淤交替,17年冲淤抵销的结果,河段年总淤积量 4.62×10^6 立方米,折合河床淤积厚度为 0.268 厘米,比下荆江的淤积厚度还小,所以韩府湾站以上至固原段清水河河床,基本上处于相对平衡状态。

(2) 历年最低水位变化 分别点绘了固原站和韩府湾最低水位过程线(图6,7)。这两条曲线都是围绕着均值变化,而且变化幅度很小,没有单向的冲刷和淤积趋势,这也说明清水河河段是处于相对平衡的河段。

(3) 断面平均河底高程的变化 为了更进一步地阐明清水河河床的相对平衡问题,又点绘了固原站和韩府湾站历年平均河底高程过程线(图8,9),从固原站9年的资料和韩府湾站10年的资料看,并无单一上升和下降趋势,仍说明属于平衡状态。不过固原站从1970年起平均河底高程略有降低,比1973年降低了0.16米,直至1975年才恢复平衡。韩府湾站1974年有所下降,与1973年比下降了0.2米,而且很快又重建了平衡。

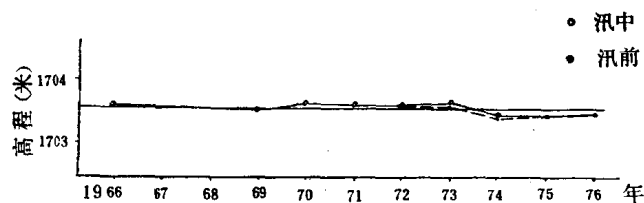


图8 固原站平均河底高程变化(1966—1967年)

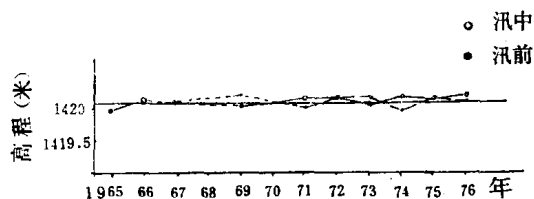


图9 韩府湾站平均河底高程变化(1965—1976年)

2. 历年断面积冲淤变化

对固原和韩府湾站做了同水位面积计算,并点绘了面积冲淤变化图(图10,11),从而可以看出两站历年和汛期、非汛期冲淤变化规律。

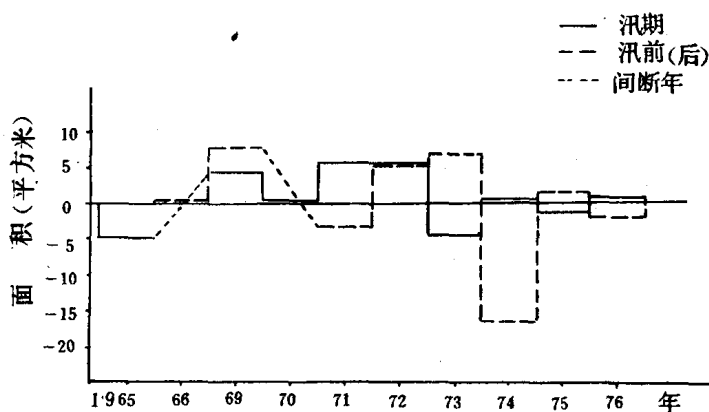


图10 韩府湾站年际面积冲淤变化(1965—1976年)

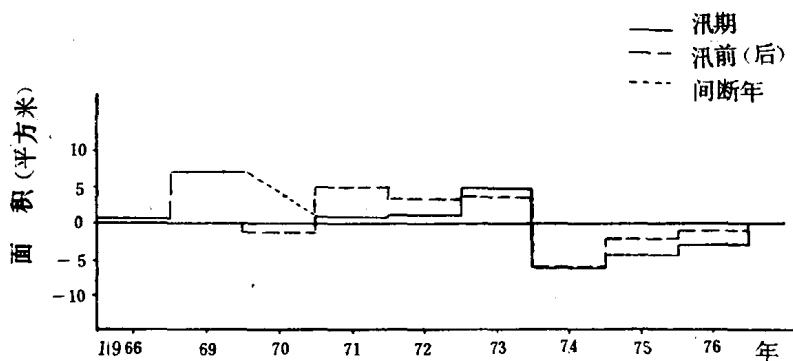


图11 固原站年际面积冲淤变化(1966—1976年)

从图10看出,韩府湾站从1965年至1976年多年来是冲淤交替。汛期微淤,非汛期微冲,淤积面积略大于冲刷面积,但其绝对量很小,如1966年—1976年汛期的淤积面积为0.56平方米,非汛期的冲刷为0.12平方米,故多年淤积为0.44平方米,河床为微淤性平衡。固原站的断面冲淤表现为另一种情况;即汛期的冲刷大于非汛期的淤积,河床为微冲性平衡。所以出现这种情况,与清水河的来水来沙有关:以固原站和韩府湾站为例,固原站以上流域面积仅占韩府湾站以上流域面积的1/20,而水量却占1/5。而且水量的年内变化主要集中在7—9月,由于水沙峰的适应性,所以固原站和韩府湾站的输沙量,7—8两月分别占全年输沙量的65.9%和81.9%。由此看出,清水河上游相对来说来水丰沙少,而下游沙多水少,因此两站的冲淤特性不同,河床演变表现为微冲和微淤性平衡。

3. 清水河河床年内的冲淤变化

一般采用劳合金系数 $K = D/J$ (式中 D 为河床质粒径,以米计, J 为水面比降,每

公里河长的落差,以米计),作为反映冲积性河流河床年内冲淤变化的稳定性指标, K 值愈大,即河床愈稳定,否则反之。我们把清水河从沈家河水库至石景河河口分成四段,分别算出 K 值,见下表:

表 3 清水河不同河段的劳合金数

河 段	沈家河一二营	二营—三营	三营—五营	五营—石景河口
K	0.98	1.52	1.85	1.46

由表可以看出,二营以上最不稳定,以下稳定,其中又以三营至五营最稳定。这是完全符合清水河的实际情况,因为曲流与其它河型相比是稳定的,但不同的曲流类型,其稳定程度又有差别。

通过以上各方面的资料分析说明,固原县境内清水河河段,在纵向变形上,基本上处于冲淤平衡状态。

三、影响清水河中、上游不同河型形成因素及其分类

清水河中、上游沈家河—石景河河段,从河型上看有两大类和三个亚类;本节重点从因素分析探讨不同河型的成因和分类。

(一) 影响不同河型形成的因素

参予天然河道河型调整的有许多变量:如流量、沙量、粒径、河宽、水深、流速、比降和糙率,其中每个变量都呈连续函数的变化,在某一天然河床里,都反映着水力要素综合作用的不同特点。分汉型、曲流型和顺直型,每种河型都与这些组合有一定的联系。我们分析了以下几个因素对清水河不同河型几何形态的影响。

1. 河床的边界条件

河床边界条件的不均匀性,是导致河流弯曲的基本条件。在一定的来水来沙条件下,河岸的不均匀引起抗冲能力的大小不同,产生了河岸的局部冲刷,使得流向偏离,局部冲刷使水流集中在河岸的一侧,导致曲流的摆动,而结果依次引起曲流的发展。随着河床的演变和河谷发育,冲积物经过分选和沉积,河岸沉积物结构和物质组成愈来愈不均匀,接着就发育了开扩式曲流、紧密式曲流和大跨度曲流以及顺直分汉型河段。比如,三营至五营两岸二元结构广泛分布,因此物质的组成和结构不均匀性大,产生紧密式的自由曲流。而三营以上至二营,五营至石景河河口二元结构不明显,相对地说,边界条件较均匀,而且河岸粘粒成分较大,分别占 23.8% 和 22%,河岸的可动性近似地等于河床的可动性,因此形成开扩式正弦型曲流和大跨度的河湾。

2. 输沙平衡

输沙平衡是曲流形成的重要条件。长江水利水电科学研究院对此曾作过如下的解

释¹⁾：如果说河段的输沙不平衡，假设是严重淤积的情况，势必造成河床抬高，断面变成宽浅，比降增加，象黄河游荡段那样，形成水流分散，沙洲密布，深泓变迁不定的情况，不能形成曲流。反之，如果河床处于严重冲刷的情况，上游来沙量小于河床的挟沙能力，低滩不能淤高，更不能转化为河漫滩，河面相对展宽，这也不利于曲流的形成。因此，只有在河床输沙平衡的情况下，凹岸崩塌的泥沙，通过与上游来沙的交换作用，使在较长时期内凹岸崩塌的泥沙量与凸岸堆积的沙量基本相等，才能维持河宽基本不变，而凸岸的增长又进一步促进凹岸的崩坍，使弯道不断发展。所以下荆江、渭河下游、清水河等曲流都是输沙平衡的河道。

3. 河床断面形态因素

固原县境内分为分汊型($\sqrt{B}/H$ 为 37.8) 和曲流型。曲流又分为三类，从二营至三营段，为开扩式曲流， $\sqrt{B}/H$ 为 13.5，三营至五营为紧密式曲流， $\sqrt{B}/H$ 为 9.8，五营至石景河河口为大跨度的河湾， $\sqrt{B}/H$ 为 16.7。除了边界条件外，河床断面形态是支配曲流形态的另一重要因素^[1,2]。清水河的资料表明，在窄深式的河床断面形态中，发育为紧密式的曲流，而在窄深式的断面形态里的弯道水流，因为最大水深和河岸冲刷强烈的河段，位于弯道的顶点处，而在宽浅断面形态里的弯道水流，最大水深和强烈的河岸冲刷，发生在弯顶稍下游处。结果是：在窄深断面的河床里，连续的河岸冲刷，助长了曲流弯得越来越紧密，最后裁弯取直。在宽浅断面的河床里，冲刷发生在弯顶的稍下方，这就导致了曲流向下游移动，而不是增加弯曲的紧密度，因此产生较缓的曲流形态。

支配断面形态的主要因素是流量、泥沙特性(含沙量、粒径和输移形式)以及河岸物质的抗冲力，如果河流需要高浓度的推移泥沙，那么它可以通过增加边界剪切力来调整到满足这种要求，到那时，较高的剪切力就同时引起强烈的河岸冲刷，河床因而变浅。在一个宽浅的断面里，只能建立较陡的比降来产生高的剪切力，因此，宽浅断面是与大量的推移质，陡比降和高流速相关联的，以上说明了宽浅河流与较大比降和较小曲率相关的物理过程，反过来亦然。

我们对影响清水河不同河型形成的几个参数($\sqrt{B}/H$, J , D/H)作了分析，并点绘了曲率与三个参数的关系，表示在图 12, 13, 14, 15 上，这些说明了低曲率的河床，即或多或少是顺直的，具有宽浅的横断面，较陡的比降。

随着这三个参数值逐渐地变小，曲率增加，表明曲流变得越来越紧密。 $\sqrt{B}/H < 13$, $J < 7\%$, 和 $D/H < 0.004$ 时，曲率大于 1.7。河床断面窄深，比降平缓 and 河床质相对细，这样形成紧密式河弯(表 4)。

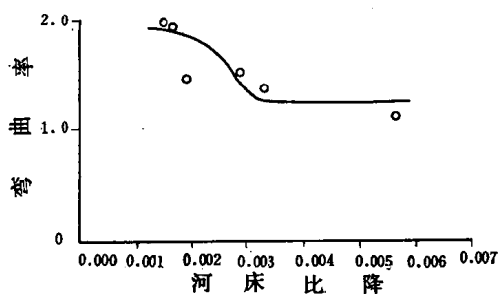


图 12 河床比降与弯曲率关系

1) 荆江特性研究，长江水利水电科学研究院，1974 年 7 月。

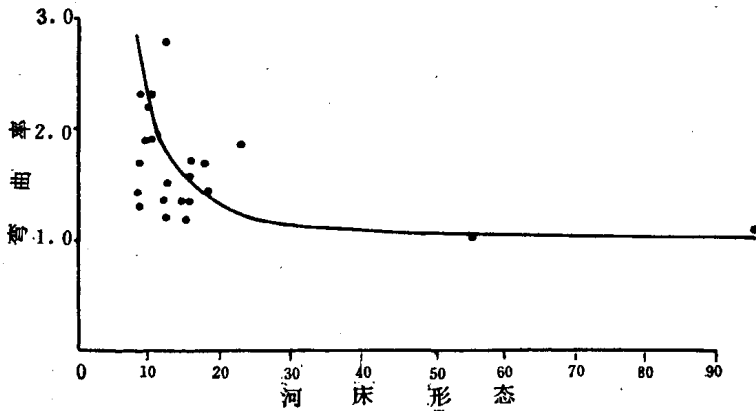


图 13 河床形态与弯曲率关系

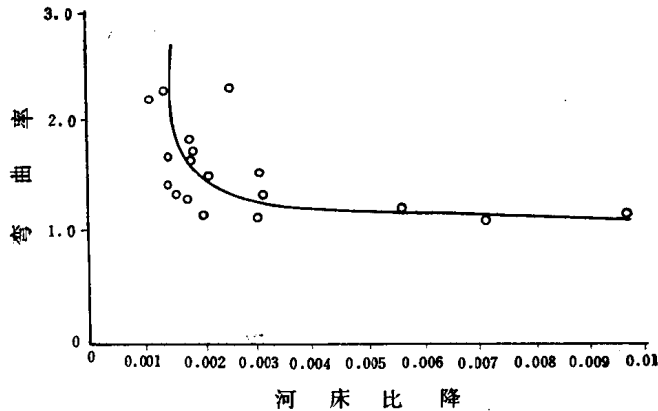


图 14 河床比降与弯曲率关系(断面)

曲流趋向窄深式的断面形态,而不是宽浅式的断面形态的理由,仍需进一步的说明:

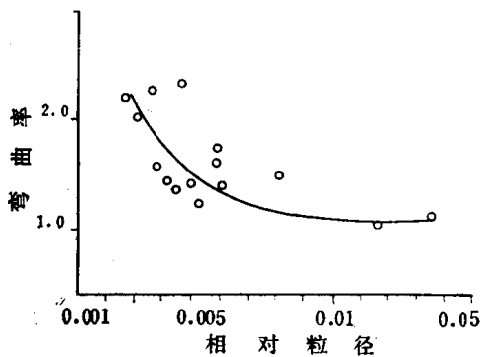


图 15 弯曲率与相对粒径关系曲线

(1) 当河床断面窄深,由于比降平缓,而床沙质不太粗,流速低时,河床断面很容易调整,集中在岸的水流容易影响流速和流量在整个横断面中的分配,而产生有利于曲流发育的状况。相反的,当河床宽浅,由于比降陡和床沙质十分粗,流速较高时,无论何处的横断面的不均匀性,除了整个影响河床水流状况外,只能在小范围内局部发生影响,这种状况无助于曲流的形成。

(2) 河流的弯曲引起壅水和横向环流,其中横向水流的强度依赖于边界阻力,在宽浅的河床里,糙率因素与水深之比,比窄深河床高,糙率比率较高的结果,摩阻力较大,因此,比起窄深式的河床来,横向水流要弱。无助于曲流的进一步发育。由此看出,宽浅断面的河床,比降陡和床沙质粗,不利于曲流发育。清水河沈家河水库至二营段,就是这种

表 4 清水河中、上游不同河型的分类指标

河 段 (断面)	曲率	比降 (%)	$\frac{\sqrt{B}}{H}$	河床质 粒径 (毫米)	河床稳 定系数 (K)	崩岸比 率 (%)	崩岸速 度(米) 1958年 —1976 年	河岸粘 粒 (%)	弯曲半 径 (米)	平滩河 宽 (米)	平滩水 深 (米)	河曲带 宽 (米)	河 型
沈家河—二营 (1—5)	1.26	4.47	37.8	4.38	0.98	22	基本稳 定	6.7	456	107	0.62	230	顺直分汊
二营—三营 (5—9)	1.55	2.29	13.5	3.48	1.52	42.8	23	22.5	226	101	0.79	468	开扩式曲流
三营—五营 (9—17)	2.0	1.495	9.8	2.70	1.85	67	57	4.1	139	96	1.04	560	紧密式曲流
五营—石景河 口(17—22)	1.46	1.75	16.7	2.58	1.46	54.7	10—20	22	280	121	0.77	678	大跨度河湾

情况。

4. 升降运动

从和尚铺至中宁沿清水河的水准资料看(1970—1975年),和下荆江、渭河下游、潮白河等一样,在地壳相对上升的河段曲率低,而相对下沉的河段曲率高(表5)。

表 5 升降运动与曲率的关系

河 段	沈家河—二营 (1—5断面)	二营—三营 (5—9)	三营—五营 (9—17)	五营—石景河口 (17—22)
升(+)降(-) 运动(米)	+0.00177	-0.0045	-0.00198	+0.00035
曲 率	1.26	1.53	1.92	1.40

(二) 清水河中上游河型分类

综上所述可以看出,清水河的河型,除边界条件,输沙条件的影响外,还受河床形态、比降、床沙质粒径的制约和新构造运动的控制,而不同的河型,表现为各因素组合的不同,根据河床演变特点和河床形态我们把清水河的河型分为两大类和三个亚类,即: 1. 顺直分汊型; 2. 曲流型 (1) 开扩式曲流, (2) 紧密式曲流, (3) 大跨度的河湾曲流。

详细的分类组合指标见表 4。

参 考 文 献

- [1] S. V. Chitale, Theories and Relationships of River Channel Patterns, J. Hydrol. 19, No. 4, pp. 288—308, 1973.
- [2] S. V. Chitale, River Channel Patterns, J. Hydraul. Div. Amer. Soc. Civ. Eng., 96, pp. 201—221, 1970.