

泥沙研究

第三卷 第三期

泥沙研究工作組編

1958

水利电力出版社

泥沙研究 第三卷 第三期

編輯者	泥沙研究工作組
出版者	水利电力出版社
发行者	新华书店
印刷者	水利电力出版社印刷厂

本期印数1—1,150 本期定价1.2元

泥 沙 研 究

第三卷 第三期

1958年11月

目 錄

黄河下游河道演变初步分析	(1)
渭惠渠灌溉渠首取水防沙試驗研究	水利电力部西北水利科学研究所泥沙研究室(13)
几种悬移质采样器性能比較和推移质測驗中 几个問題的試驗总结	水利电力部勘测設計总局 夏方佐(27)
黄河花园口河段河床演变資料的初步 分析	黄河水利委员会水利科学研究所花园口河床演变測驗队(34)
水庫淤积物干容重資料分析	方宗岱 尹学南(45)
渾水的粘性及流型	錢 宁 馬惠民(52)
論下游局部冲刷	工程师H.B.拉普图列夫(78)
大型渠道弯段上的不冲流速之計算	И.И.罗索福斯基(84)
弯道的流速分布及边界层	H.A.爱因斯坦及J.A.哈德(94)
冲刷模型試驗用輕質砂的新种类	M.巴夫奇(100)
沙紋形成的力学作用	刘心寬(104)

黄河下游河道演变初步分析

一、前言

黄河下游自孟津至河口，长约 790 公里，占全河长度约 16.3%，其中除南岸郑州黄河铁桥以上和梁山十里堡至济南田庄二段为山麓外，其余河道均束范于两岸大堤之间。由于黄河流经中游黄土高原后，携带巨量的泥沙，成为世界上著名的泥沙河流。河出山谷，进入宽广的冲积平原，河床比降变缓，流速降低，水流挟沙能力减小，大量泥沙随之沉积，河床逐年抬高，而形成“地上河”。这种居高临下、变化多端的河道，如防守不慎，就易发生决口改道的危险，因此，黄河有“善淤、善决”之称。根据历史记载，黄河下游在三千多年中，发生氾滥决口一千五百多次，重要的改道 26 次，其中大的改道 9 次，改道最北的经海河出大沽口，最南的经淮河入长江，威胁范围达 35 万平方公里。

解放以来，在党和政府领导下，依靠广大人民群众积极开展了治黄工作，并对下游防洪采取了“宽河固堤”的正确方案，安渡了 11 年的伏秋大汛，扭转了黄河近百年来几乎每年决口的险恶局面。我们在修防的同时，为了了解下游河道的变化，每年均进行了河势查勘，各段并具体情况，按其可能发生的变化，拟出防守计划。并自 1951 年开始，对下游河道变化的研究，除水文站经常性的观测外，又进行了固定大断面的测量工作，颁发了“黄河下游施测大断面工作办法”，规定每年汛前、汛期、汛后各施测一次。由于工作的发展，截止 1954 年下游固定大断面增添为 33 个（包括水文站断面 9 个），1956 年断面位置详见附图 1。并对施测成果，进行了整理，以上这些实测基本资料，对认识黄河下游河道的变化规律、计算安全排洪量及增强修防工作的预见性起到一定的作用。

这次对黄河下游河道演变的初步研究，主要根据 1951~1956 年下游河势查勘报告，固定大断面测量成果，并利用了下游各水文站的实测水文资料，进行总结与初步分析，以便对黄河下游河道演变有一概括性的认识，并为进一步研究下游河道演变规律提供必要资料。

二、水文概要

黄河下游水位涨落悬殊，低水时可见河底，大水时漫滩假堤。在黄河下游防上，以洪水时期不同，向有“四汛”之称，即：桃汛、伏汛、秋汛、凌汛。桃汛于 3、4 月间由于中上游冰霜融化而涨水；伏汛为 7、8 月份，由于暴雨集中，能造成特大洪水，其特点是来急去速；秋汛为 9、10 月间，一般因秋雨连绵而形成洪水，其特点是峰胖、量大；凌汛为 12 月至次年 2 月，最严重时为开凌时期，因大量流冰在下游壅塞而造成危险。一般所称“汛期”主要是指伏汛和秋汛。而这四汛水情的变化，对下游河床变形，都有很大影响，其中以伏秋汛影响为最大。

黄河流域降水的特点是各月之间的分布很不均匀，各地降水量大都集中于夏季（6~8 月），占全年降水量百分比大都超过 70%，最大甚至超过 80%，就全国范围来说，也是首屈一指。黄河流域的暴雨也多集中在夏季的 7、8 两个月，一般来说，在黄河流域 7、8 月暴雨占全年 50% 以上，甚至全年雨量能为该两个月暴雨所决定，这样的暴雨，是造成黄河下游洪水的重要原因。

根据黄河下游历年洪水遭遇情况的分析，由于洪水来源地区的地理条件、自然因素，特别是降水的特点不同，造成洪水类型也各不相同。如 1951 年 8 月 5 日以前，是最高峰小暴涨暴落，1949 年 9 月与 1954 年 8、9 月洪水，由于暴雨连绵，则洪峰持续时间长，洪量较大。其洪峰过程情况参阅图 2。

1951~1956 年间的汛期洪水，以 1954 年 8 月 5 日 15,000 秒公方的洪水为最大，洪峰连续出现，8、9 月洪水总量 254 亿公方，占全年洪水总量的 41%。在洪水演进期间，黄河下游河道高村以上部分漫滩，高村以下全河漫滩，由于河谷的储蓄，和下游河道的淤积以及艾山的卡水影响，致使后续洪峰与前次洪

峰汇合,造成孙口以下高水位持续 20 余日。

秦厂水文站 1954 年水位、流量、含沙量、水面宽过程线如图 3 所示;黄河下游各主要水文站在近 35 年中的年水量、年沙量、含沙量及其平均数字列如表 1;

表 1

站名	年 水 量 (亿公方)					年 沙 量 (亿公吨)					含 沙 量 (公斤/公方)				
	实测最大		实测最小		35年	实测最大		实测最小		35年	实测最大		实测最小		35年
	数值	年份	数值	年份	平均	数值	年份	数值	年份	平均	数值	年份	数值	年份	平均
陕 县	629.0	1936	198.0	1928	423	79.50	1933	6.90	1930	13.60	590.00	1951	1.5	1938	32.2
秦 厂	536.2	1951	436.8	1953	500	21.28	1954	8.15	1952	12.40	280.00	1951	0.5	1951	21.8
高 村	546.2	1954	442.7	1953	494	20.00	1953	7.04	1952	11.00	151.00	1951	0.5	1951	22.3
艾 山	591.1	1954	452.5	1952	510	19.10	1951	7.96	1952	10.70	144.30	1951	0.2	1951	21.0
洛 口	691.7	1949	443.1	1952	513	18.81	1954	6.93	1952	10.70	155.30	1953	0.1	1929	20.9
利 沱	580.7	1954	439.6	1953	506	19.80	1954	8.68	1952	11.80	146.02	1953	0	1936	23.4

由表 1 可以看出,黄河的水量及沙量历年变化幅度是相当大的。

下游年水量与年输沙量在各月的分布情况,可从秦厂站 1951~1956 年的资料看出。秦厂多年水量的平均分配为汛期 4 个月 (7~10) 水量占全年总水量的 61%, 其余 8 个月的水量仅占全年的 39%。全年月水量的分配以 1 月为最少, 多年平均为 16.01 亿公方, 占全年的 3.21%, 该月历年最大与最小之比为 1.30; 8 月份为全年月水量分配最大的月份, 多年平均水量为 102.73 亿公方, 占全年 20.58%, 该月水量历年最大最小比值为 1.87; 一般情况, 汛期月水量各占全年的 12~21%, 其余各月水量各占全年的 3~7%。秦厂多年输沙量的平均分配, 同样以汛期 4 个月的月输沙量占全年的比重为大, 多年平均为 8.5~37.5%, 该 4 个月多年平均输沙总量为全年的 83.5%, 其余各个月的输沙量各占全年的 0.7~4.0%, 全年月输沙量分配最大与最小月份, 同全年月水量的分配情况相应, 以 1 月份为最小, 多年平均为 0.095 亿公吨, 占全年 0.70%, 历年最大最小比值为 3.12, 输沙量最大的 8 月份, 多年平均为 5.075 亿公吨, 占全年 37.48%, 历年最大与最小之比为 3.18。

黄河下游河道善淤善变, 情况复杂, 水位流量关系点子的分布因此非常散乱, 而且范围很大, 关系极不稳定。如秦厂站入汛后由于冲淤变化剧烈, 测点分布散乱, 同水位的流量有相差达 6,000 秒公方的。高村站低水时期同水位的流量相差 40% 至 300%, 中水时同水位的流量相差 4% 至 90%, 洛口站同样相差很大, 但趋势尚较一致。

根据水位历时曲线和频率曲线, 查得 1954 年各站出现次数最多的水位 (最多水位), 及相应于历时曲线中 182.5 天的水位 (中水位), 并根据各站滩面平均高程 (1954 年汛前大断面) 查出平滩水位的频率与超出该水位的历时 (漫滩历时), 均列如表 2:

表 2

站 名	最多水位 (公尺)	中 水 位 (公尺)	最高水位 (公尺)	最低水位 (公尺)	滩面平均高程 (公尺)	相应滩面平均高程 水位频率 (日)	漫滩历时 (日)
秦 厂	95.80	95.75	97.65	95.32	95.90	60	80
高 村	59.10	59.41	61.61	58.57	59.74	11	143
孙 口	44.30	44.41	47.73	43.63	46.22	2	29
洛 口	26.10	26.17	30.37	24.40	29.83	3	8

为了了解以上各站历年的流量变化概况,特绘制历年流量历时平均曲线,见图4。可以看出在流量2,500秒公方以下时,下游各站的历时曲线均趋于一致,相差不大。

下游各站历年(1951~1956年)最大流量、最小流量、最大年流量比率与最大年水位差等水文特征值列如表3。

表3

站名 项目	秦 厂	高 村	孙 口	艾 山	洛 口	利 津	前 左	备 考
最大流量(秒公方)	15,000	12,000	8,640	7,900	7,290	7,220	7,190	表中带括号的数值是凌汛期间测量的。
最小流量(秒公方)	138	136	113	100	(65)	(70)	(41)	
最大年流量比率	60.6	55.5	76.5	68.7	89.1	82.3	141.0	
最大年水位差(公尺)	2.33	3.04	4.54	4.97	5.97	5.89	4.65	

下游各站历年平均的悬移质平均粒径与河床质中数粒径见表4。

表4

站名 项目	陕 县	秦 厂	高 村	艾 山	利 津	前 左	备 考
历年平均的悬移质平均粒径(公厘)	0.0448	0.0510	0.0402	0.0380	0.0374	0.0366	陕县历年平均的河床质泥沙中数粒径系指细沙部分,未考虑卵石
历年平均的河床质中数粒径(公厘)	0.1840	0.0915	0.0571	0.0600	0.0600	0.0590	

表4说明悬移质与河床质的粒径是自上游至下游逐渐减小的。各站历年季节平均的平均粒径变化则见表5。

表5

站名 季 别	陕 县	秦 厂	高 村	艾 山	利 津	前 左	备 考
春(3~5月)	$\frac{0.0490}{0.1750}$	$\frac{0.0573}{0.0730}$	0.0449	$\frac{0.0388}{0.0680}$	$\frac{0.0130}{0.0565}$	0.0413	表中分子代表历年季平均的悬移质平均粒径(公厘)。分母代表历年季平均的河床质中数粒径(公厘)
夏(6~8月)	$\frac{0.0417}{0.1880}$	$\frac{0.0485}{0.0953}$	$\frac{0.0398}{0.0630}$	$\frac{0.0374}{0.0570}$	$\frac{0.0394}{0.0595}$	$\frac{0.0358}{0.0540}$	
秋(9~11月)	$\frac{0.0460}{0.0660}$	$\frac{0.0531}{0.0690}$	$\frac{0.0480}{0.0530}$	$\frac{0.0356}{0.0610}$	$\frac{0.0395}{0.0560}$	$\frac{0.0348}{0.0620}$	
冬(12~2月)	$\frac{0.0728}{0.2000}$	$\frac{0.0434}{0.0930}$	$\frac{0.0541}{0.0640}$	$\frac{0.0372}{0.0650}$	0.0321	$\frac{0.0490}{0.0600}$	

可见悬移质及河床质泥沙粒径在季节上虽有变化,但其变化不大。

三、黄河下游河型及其平面形态变化的特性

目前黄河下游所走的河道,按历史年代可分为三段:自孟津至秦厂长约89公里,系禹王故道,有三千多

年历史, 秦厂至东坝头长约 117 公里, 约 600 年历史; 自东坝头至河口长约 584 公里, 系 1855 年铜瓦厢决口后的河道, 距今已有 103 年。由于各河段流经的时间长短不一, 因而造床结果就互有差别。按目前河道外形及变化性质, 除前左以下属于河口性质外, 大体上可划分为以下五个河段:

1. 孟津至郑州黄河铁桥: 这段河道系由山区河流到冲积平原的过渡河段。自孟津铁桥以下已由卵石河床转为沙质河床。由于河出孟津后, 已从狭窄的峡谷形态骤然放宽, 流速减小, 泥沙沉积, 为黄河下游游荡性河道的开端。

该河段全长 91 公里, 河道平均比降约 2.65‰, 河槽宽度约 1.0~3.0 公里, 河身弯曲率为 1.16 (自十万分之一地图上量得, 以下同)。河流游荡于南岸邙山、北岸清风岭与大堤之间。一般水位的河床形态为宽流段与窄流段相间, 常水时期流线的变幅在宽流段中为 5~10 公里, 在窄流段约为 3 公里。窄流段淤积集中, 流速较大, 水流汇集而起控制枢纽作用的断面, 均在邙山突出的山咀处, 如铁副、裴塔嘴、古河咀、大骨头峪等。宽河段河槽宽浅, 水流分歧, 沙洲棋布, 流綫經常摆动。

两岸滩面在流量 8,000 秒公方左右时即将漫滩, 1951 年 8 月秦厂洪水 15,000 秒公方时漫及山脚与大堤坡脚, 洪水河床宽约 9.0 公里, 比降变缓, 河床淤积甚速。黄河支流伊洛河、沁水及沁河均在本段注入。

2. 郑州黄河铁桥至东坝头: 河段全长 122 公里, 堤距宽度 5.0~14.0 公里, 河槽宽度 1.0~3 公里, 河道平均比降约 2.03‰, 河流摆幅据 1954~1957 年观察在 2.6~5.0 公里之间, 河身弯曲率为 1.10。这段河道滩地较宽, 河中沙滩变化迅速, 水流分歧, 河型散乱, 极不稳定。北岸除有古城、曹岗、土台三处险工外, 其余皆为铜瓦厢决口及花园口扒口后河道下切而形成的高滩, 目前一般高出低水位 2~3 公尺, 1933 年洪水 (秦厂洪水约 20,000~25,000 秒公方) 均未上滩, 大部险工均在南岸。由于北岸高滩无控制性工程, 每遇水流顶冲, 则滩岸坍塌, 影响溜势的变化, 因而造成南岸险工的上提下挂。

3. 东坝头至高村: 这段河道仍具有游荡性, 全长 64 公里, 堤距宽度上下相差很大, 在 5.00~20.0 公里之间, 河槽宽度 1.6~3.5 公里, 河中多沙洲, 河段平均比降 1.72‰, 河身曲折率为 1.07, 系 1855 年决口后的新河道。

自东坝头至长垣冯楼间, 河身完全在两岸滩地之间游荡, 两岸滩地犬牙交错, 弯弯相连, 河湾曲度半径约 3 公里, 一般较东坝头以上河道为小。由于历年洪水在 8,000 秒公方以上时即可部分漫滩, 大量泥沙淤积在滩唇, 形成两岸滩唇高仰, 堤脚低洼, 滩面横比降约 $\frac{1}{3,000} \sim \frac{1}{5,000}$ 。东坝头至李莲庄由于 1933 年特大洪水在此段两岸决口多处, 形成两岸滩地, 串沟甚多, 洪水时期, 串沟引水至堤根, 对堤防威胁很大。

4. 高村至陶城埠: 高村以下, 滩面较上段为低, 流量 6,000 秒公方即可漫滩, 滩岸亦有不少串沟。此段水流较为集中, 一般河中无沙滩, 河槽宽度为 0.5~1.6 公里, 河道平均比降 1.48‰, 堤距宽 1.0~8.5 公里, 河段长 146 公里。

河型弯曲较甚, 河身弯曲率为 1.28。历年河势多向右岸移动, 因此右岸险工多于左岸。其中刘庄至苏酒庄河道比较顺直, 变化不大, 苏酒庄以下, 河势迂回较大, 有曲率半径极小的陡弯, 如王密城、旧城, 曲度半径最小可达 0.5 公里, 但也有曲率半径很大的河弯, 最大可达 8 公里, 一般为 1~3 公里。

5. 陶城埠至前左: 下游河道中较为整齐和水流集中的河段, 其中陶城埠至北店子间, 右岸为山, 左岸为堤, 部分河段为单式河槽, 河宽相差很大, 洪水时期支山河宽仅 470 公尺, 官庄河面宽可达 7 公里左右, 在低水期水面宽约 400 公尺。北店子以下, 河身蜿蜒于两堤之间, 中水位以下河槽, 完全控制于两岸护滩与护岸工程之间。

河段长 318 公里, 堤距宽 0.46~4.0 公里, 河道平均比降 1.01‰, 河身弯曲率为 1.20。

前左以下属河口性质, 原有三条沟入海, 即神仙沟、甜水沟与宋春荣沟, 现由北股神仙沟入海。

从以上总的情况看, 可知黄河下游河道的平面形态是上宽下窄, 河道的比降是上陡下缓, 河弯的曲率是上小下大, 河道摆动的变化是上大下小, 因此, 各段的排洪能力均不相同, 东坝头以上河道可通过流量 25,000 秒公方, 而艾山仅能通过 9,000 秒公方。从河性上总的来分析, 大致分为两大类:

1. 自孟津至高村, 长 277 公里, 基本属于游荡性河道, 其特点是: 河床宽浅、沙滩众多、支岔稠密,

河身总的趋向顺直，无显著弯道。

2. 自高村至前左，长 46.4 公里，基本属于弯曲性河道，其特点是：河槽比较深窄、河身趋向较弯曲，同时下游滩岸粘性土质较多，抗冲力较强，加以下游险工（包括护滩护坡工程）建筑物密集，也加强了河岸的耐冲性，又以水流比降较小，水下地形不会受到大的破坏，这就减低了形成游荡性河道的可能。

分析河型时除了根据河流外形及其演变过程外，还可借助于阿尔图宁教授的河床断面横向稳定系数（ $\rho = \frac{H I^{0.2}}{Q^{0.5}}$ ），劳合欽的河床纵向稳定系数（ $f = \frac{d}{I}$ ）及变差系数（ $C_u = \sqrt{\frac{\sum(K-I)^2}{n-1}}$ ）等数据来说明，其数值如表 6 所示：

表 6

站 名	河 型	阿尔图宁系数	劳合欽系数	变差系数	备 考
蔡 厂	游荡性	4.23	0.40	0.332	计算阿尔图宁系数所用的造床流量系采取本站的平均流量
高 村	游荡性	2.15	0.36	0.302	
艾 山	弯曲性	0.79	0.53	0.222	
洛 口	弯曲性	0.55	0.57	0.198	
利 津	弯曲性	1.03	0.58	0.158	

由表 6 可以看出，高利以上阿尔图宁系数大，亦即河道的横向变化剧烈，而劳合欽系数在整个下游都小于 1，说明了黄河较其他河流更易多变，变差系数也自上而下逐渐减小。

黄河下游河道的平面变化一般有以下儿种现象：

1. 河势的上提下挫，涨水下挫、落水上提是天然河道的一般现象，在黄河上亦是如此，故有“小水坐弯、大水挤边”或“小水坐弯、大水刷尖”之说。这是因为在小水时，水流方向主要受河底地形所控制，河走弯内，因此曲率半径较小，顶冲位置上提。平槽水位时，河底地形的控制作用逐渐减小，河槽两岸的控制作用逐渐加大，曲率半径亦逐渐加大，顶冲位置下挫。水流漫滩后，河槽两岸的控制作用逐渐减小，两岸堤防的控制作用逐渐加大，因而曲率半径更增大，比降也变大，溜势取直，顶冲位置更下挫。另外，滩岸的消长也是影响水流相应上提下挫的直接因素。黄河在 1949 年大水时，由于洪水历时长，水流趋直，河槽刷深，因而该年引起了下游河势一系列的变化，如郑州段下挫至沈庄，约十余公里，中牟段赵口险工下延至辛庄之北头堤，约八公里多，东明之葛村，濮阳之南小堤，鄄城之苏酒庄，济阳之谷家，齐东二段之刘春家，惠民之五甲杨，利津之官家均有显著之下挫现象，以上这种河势上提下挫现象，在下游河道未整治前是普遍存在的。

表 7

断面名称	变动年限	河槽宽度 (公尺)	左右摆动幅度 (公尺)	备 考
花园口	1954~1956	2270	向右移动 1150	未列于表中的大断面基本上没有大的摆动
曹 崗	1954~1955	2490	向左移动 1700	
夾河灘	1952~1954	1700	向左移动 150	
夾河灘	1954~1956	1700	向右移动 650	
石头庄	1954~1956	3500	向左移动 1200	
彭 樓	1951~1956	840	向左移动 380	
史 樓	1954~1956	1150	向右移动 1700	
孙 口	1951~1956	600	向右移动 1400	
利 津	1951~1954	520	向右移动 400	
利 津	1954~1956	560	向左移动 400	

2. 河槽的摆动情况: 由于黄河下游河道不稳定, 主溜时常改变方向, 影响河槽的左右摆动不定, 故黄河有“十年河东, 十年河西”之称。自1951~1956年下游各大断面主槽变动情况列如表7。

由表7可以看出, 在陶城埠以上, 河道宽浅, 主槽摆动甚大, 在两三年中有达1,700公尺者; 陶城埠以下由于河床较窄, 两岸险工对河槽起到控制作用, 因而基本上摆动不大, 仅利津断面自1951年到1956年, 往返摆动了400公尺。各大断面的变动年限多发生在1954年以后, 这与1954年汛期连续发生洪水、特别是8月份秦厂出现洪峰15,000秒公方有关。以上所示多为弯曲河段, 在直河段内因歧流分布, 有时分而复合, 合而复分, 变动的幅度更为频繁。

由于黄河下游河道易冲易淤, 当溜势集中顶冲凹岸时, 凹岸愈淘愈甚, 曲率半径愈小, 若遇洪水平铺直泄, 冲掉凸岸, 即成为天然的裁弯取直, 产生“险工脱险”, 或“平工生险”的现象, 如山东齐河之红庙自1953年以来凸岸串沟过水量逐渐扩大, 经多年变化, 于1957年汛期洪水时期形成了天然的裁弯取直。有些地区在洪水时期河滩村庄原在河南, 待洪水落后即成河北, 羣众称为“干过河”, 如苏酒庄下的张村, 1949年洪水后即发生此种现象。

3. 河弯的相互关系: 黄河下游高村以下水流较为集中, 河面缩窄, 历年河弯险工的河势变化多表现在河势的上提下挫, 但也有脱险情况。山东洛口以下, 河流束范于两岸险工、护滩之间, 河势险工弯弯相连, 基本上变化不大。兹就高村以上游荡性河道简要说明河弯的相互关系。

郑州黄河铁桥以上河段, 其中当主溜入裴峪溝即挑向左岸关白庄坐弯, 由此折向右岸, 由古柏咀滑入蒼头弯, 故当地羣众流传“河走温县城(即关白庄), 蒼头弯里猛一拐”(意思是河流若走温县城, 下流流向走蒼头弯, 后者必为河水淹没)之说。大骨头峪近30年来均完全靠河, 由于大骨头峪以上流势的不同, 河出大骨头峪后, 河流扩散、摆动甚大。郑州黄河铁桥附近自1948~1952年间, 人民胜利渠首以上未脱过河, 主流顺铁桥上游向南通过铁桥75~95号孔(郑州黄河铁桥总长2,950公尺, 计100孔, 由北向南编号)。1953年汛后河势北移, 主流移至20~30孔, 1954年8、9月洪水, 主流移至11~20孔, 靠邱山串溝淤死, 1956年汛期已移至5~12孔。

河出郑州黄河铁桥后, 根据溜向与位置的不同而影响铁桥以下的河势, 如图5所示表现在左岸高滩的坐弯以及右岸险工的溜势顶冲位置, 发生一系列的变化。如郑州铁桥南端走主溜, 则郑州西六堡险工以上着河, 由此挑向左岸馬庄南滩岸坐弯, 右岸入沈庄险工, 繼挑向左岸杜屋、全屋一带坐弯, 出弯后河向东南于中牟六堡险工上下着溜, 由此入左岸高滩黑石弯。当主溜走郑州铁桥北端, 则溜势顶冲郑州西六堡以下至花園口一带, 由于该险工將軍坝(該坝很突出)的挑溜, 主溜偏向东北, 于左岸双井坐弯(井逐渐向楊屋一带发展), 出双井弯折向东南, 于右岸万滩一带坐弯而趋中牟赵口险工, 經赵口险工47号坝的挑溜而入对岸朱庵、毛庵, 經三官庙、孙堤仍入黑石弯。所以, 黑石弯为此段河道中的樞紐点, 1957年已兴建护滩工程。由黑石弯以下至东坝头流綫甚为复杂, 无一定的规律, 但河弯本身与其上下弯的关系, 尚有一定的趋势。东坝头以下的河势溜向, 同样看东坝头险工着溜位置而定。

根据以上的说明, 可以看出黄河下游河道各河弯相互溜势有其一定的关系, 各河段且均有它的轉向点, 或称之为樞紐点, 如裴峪溝、古柏咀、郑州黄河铁桥、黑石弯、东坝头、馮楼等。如樞紐点河势发生变化, 則將影响以下河势一系列的变化。高村以下(特别山东洛口以下)各河弯的联系性更为明显, 即所謂“一弯变, 則弯弯皆变”。因此若能把每段河势的控制点控制起来, 可使河势基本上不会发生重大的变化。

四、黄河下游河道衝淤变化的研究

黄河下游河道总的情况是逐年淤积, 但由于各河段的河床形态及水力因素的不同, 泥沙輸送不平衡的现象也就不同, 因而在下游河床的演变过程中, 就发生淤积或冲刷的现象。茲根据現有資料用以下几种方法对下游各河段冲淤变化作概括性的探討, 以期得出下游河道縱向变化的概念。

1. 以各河段的年輸沙量来比較冲淤变化

根据下游各水文站1931~1956年年輸沙量資料, 得出各站間的冲淤情况如表8。

表 8

站名	1951		1952		1953		1954		1955		1956		备 考
	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	年输沙量 (亿公吨)	站间淤积 (亿公吨)	
陕 县	11.40		8.44		17.80		26.10		12.9		16.70		符号“—” 表示冲刷 以下同。
孟 津	10.61	0.76	8.73	-0.29	17.78	-0.02	—	4.8	—	0.30	—	1.00	
秦 厂	9.39	1.25	8.15	0.58	14.46	3.32	—	—	—	—	—	—	
夹河滩	—	0.08	—	1.10	12.42	2.04	-1.80	—	-0.80	—	15.70	1.80	
高 村	9.31	—	7.01	—	12.64	-0.22	3.10	—	0.30	—	13.90	-0.60	
孙 口	—	0.65	7.87	-0.83	12.17	0.17	-0.70	—	-0.50	—	14.50	1.00	
艾 山	8.66	—	7.94	-0.09	12.41	-0.24	1.00	—	-0.30	—	13.50	-0.50	
洛 口	8.18	0.51	4.93	1.03	11.84	0.57	0.00	—	0.20	—	14.00	2.30	
利 津	10.51	-2.36	8.69	-1.75	11.74	0.10	-1.00	—	-0.70	—	11.70	-2.30	
前 左	—	—	8.09	0.59	11.11	-0.63	-0.10	—	1.00	—	—	—	

从上表可看出黄河泥沙大部分入海，一部分淤积在下游河道。从洛口站年输沙量与陕县同年份的年输沙量关系来看，洛口年输沙量约力陕县年输沙量的70~80%，亦即占陕县年输沙量20~30%的泥沙淤积在陕县到洛口之间。除利津站外，黄河下游各站的年输沙量大多数都是沿程递减，且一般表现上段各站间淤积量大，下段淤积量小。如秦厂以上河道（主要为孟津至秦厂间）在1951、1953与1954年的年淤积量占陕县到洛口间年淤积量的60%左右，秦厂至洛口河段，虽然总的情况也出现淤积现象，但远较此数为小。此外各年各站间相对淤积量并不一致，如1951年孟津至秦厂间淤积量最多，陕县至孟津、高村至艾山次之，艾山到洛口又次之，秦厂至高村则淤积甚微，而1952年则反之，秦厂至高村淤积量最多，艾山至洛口次之，利津至前左、孟津至秦厂间又次之，高村至艾山间反而发生冲刷。在秦厂至高村、高村至艾山河段内，有上冲下淤或下冲上淤的现象，如秦厂至夹河滩河段1953年与1956年发生淤积，1954年与1955年发生冲刷，夹河滩至高村段则恰恰相反。秦厂至艾山各段内淤积量的多少，仍有一种相互交替的不平衡现象，一年或连续数年淤得多，下一年就淤得少，反之，一年或连续数年淤得少，甚至冲刷，则下一年就淤得多。至于艾山至洛口河段则每年均有淤积，洛口至利津河段冲多淤少，利津以下淤多冲少。

下游各水文站间（即孟津~秦厂~夹河滩~高村~孙口~艾山~洛口~利津~前左）年内冲淤量的变化，系根据各站间1951~1956年逐月输沙量资料作为河段月冲淤量，以此绘制各河段逐月冲淤量过程线，并选刊陕县到夹河滩间各段的过程线如图6。今以7~10月为汛期、11~12月为汛后期、1~6月为汛前期，根据上述曲线，将各河段在年内各时期的冲淤情况概括列如表9：

表 9

河 段	汛 前	汛 期	汛 后	河 段	汛 前	汛 期	汛 后
孟 津~秦 厂	淤	淤	冲	孙口~艾山	不定	不定	不定
秦 厂~夹河滩	不定	不定	不定	艾山~洛口	淤	淤多冲少	淤
夹河滩~高 村	不定	不定	不定	洛口~利津	淤多冲少	冲	淤
高 村~孙 口	冲多淤少	不定	不定	利津~前左	淤	不定	不定

由表9可知, 孟津至秦厂河段年内冲淤过程至为明显, 汛前、汛期为淤积, 汛后则出现冲刷, 秦厂至艾山诸河段冲淤变化不定, 没有明显的规律, 艾山至洛口河段多为淤积过程, 洛口利津间河床的冲刷均集中在汛期, 汛前、汛后多为淤积过程, 利津前左间汛前为淤积, 汛期汛后冲淤不定, 这也说明秦厂艾山间河段冲淤过程在年中亦呈现一种相互交替的不平衡现象。

兹根据泥沙平衡原理, 按各站1951至1956年的总输沙量来考虑河段冲淤面积。除艾山至洛口段由于山窪地方淤积量甚大, 按河道水面面积估算外, 其余各段均按1954年8月洪水时期水面面积估计, 淤积土容重按1.4公吨/公方计算, 所得出的各站间河床冲淤多年平均数值如表10:

表10

河段名称	站间水面面积 (平方公里)	1951—1956年		多年平均冲淤速度 (公尺/年)	备 注
		淤积体积 (亿公方)	淤积厚度 (公尺)		
孟津~秦厂	632.0	3.68	0.58	0.19	1. 孟津~秦厂系根据1951~1953年三年资料, 求得多年平均冲淤速度。 2. 符号“-”表示冲刷。
秦厂~高村	971.0	3.58	0.37	0.06	
高村~艾山	825.0	0.40	0.05	0.01	
艾山~洛口	383.7	3.50	0.91	0.15	
洛口~利津	118.0	-5.72	-4.84	-0.81	

表10中指出1951~1956年间的淤积速度, 以孟秦间、艾洛间为最大, 秦高间次之, 高艾间为最小, 洛口至利津间则为冲刷, 此种现象与前面的名次分析结果大体上相符, 但由于计算中采用的水道面积偏大, 站间的距离较长, 及具体到某一河段内, 河槽的几何形态上下颇不一致, 两岸消长的变化较大, 表现出有冲有淤, 加以我们对河流各段的挟沙能力的规律还没有掌握, 因此分析计算的结果, 只代表河段间多年平均上升速度的一个概数。根据实际观察, 高艾间的淤积数值偏小, 洛利间的冲刷数值则偏大甚多。

2 以各水文站基本断面与固定大断面来比较冲淤变化

分析下游纵剖面的历年变化情况, 也可以用下游各水文站的水文资料与站间各固定大断面的断面资料, 先从各站与各大断面河槽部分进行分析对比。共采取下列三种方法:

(1) 根据下游的水文情况, 与各水文站基本断面历年河槽平均高程过程线及同水位下面积过程线资料, 可以看出下游河床冲淤变化以汛期为最大, 汛前河床比较稳定, 变化较小, 故选取汛前3~5月较稳定时期各测次的河床平均高程, 求出其算术平均值, 以之比较各年河槽的冲淤情况。

(2) 由于河道的淤积结果, 必然使各站同流量下的水位逐年上升, 同样地, 冲刷以后则将使同流量下的水位下降。兹根据下游各站各年汛初与汛期(6~10月)的水位流量关系外包线(即上下限范围), 找出各年在流量3,000与5,000秒公方时的相应上下限水位, 由此计算该站逐年的冲淤变化。

(3) 根据下游河床汛前比较稳定的概念, 利用历年汛前固定大断面资料, 算出河底平均高程。由于断面多, 就可较全面的进行比较。同时, 也曾将下游各水文站基本断面与各站间固定大断面历年汛前大断面图进行套绘, 以便分析研究。

表11是根据以上三种方法所算出的黄河下游各水文站断面历年平均冲淤速度(以公尺/年计):

表11

站名	秦 厂	夹河滩	高 村	孙 口	艾 山	洛 口	利 津	前 左	备 注
方 法									
(1)	0.23	0.04	0.23	0.06	0.18	-0.08	-0.14	-0.11	第二种方法采用上下限的平均值。
(2)	0.14	0.05	0.17	0.14	0.06	-0.05	-0.08	-0.20	
(3)	0.29	0.02	0.25	-0.02	0.11	0.10	0.02	0.03	

表11说明洛口以上基本上是淤积的,洛口以下多为冲刷,与上节以各河段输沙量所作比较的结果在性质上大致相符。

根据各站间固定大断面施测成果所得到的冲淤变化,再结合上节河段冲淤分析可知,孟津秦厂间河段淤积量较大,由于这段河道缺少实测大断面资料,无法进行进一步的对比分析。秦厂至高村河段中,花园口、中牟、曹岗诸大断面仅有1954~1956年实测比较资料,柳园口、石头庄系自1953年资料开始比较,至于东坝头实测大断面因仅有一年资料可利用,无法比较。从这些实测大断面成果,结合输沙资料分析,证明这一段河道在夹河滩断面以上经过1954年汛期发生冲刷,1954年全段年冲刷量占陕县年输沙量的6.9%,冲刷主要发生在8~10月间,由大断面比较,一般冲深达数公尺,曹岗由1954年10月31日与1954年6月14日两次实测大断面比较来看,平均冲深达0.92公尺,同水位(计算水位79.60公尺)下面积差7,270平方公尺。自1955年汛后至1956年该段断面又复淤高,夹河滩断面以下经过1954年汛期发生淤积,由石头庄1954~1956年汛前断面比较,淤积厚度达1.03公尺,高村淤积厚度同样很大,自1951~1955年河床逐年淤高,其中1951~1954年的淤积速度每年达0.1~0.4公尺,经过1954年汛期至1955年汛前淤积厚度达0.5公尺以上,历年平均淤积速度为0.2公尺左右。由于1956年汛前夹河滩及高村间是个微冲过程,高村断面也有微冲现象。高村至艾山间河段诸大断面同样是从1953或1954年开始比较,冲淤过程比较明显的,如1955~1956年史楼以下的普遍冲刷,尤以梁山断面冲刷为最甚。但是这一段河道由于两岸滩地较低,一般洪水即可漫滩,河床基本上是淤积的,同时由于东平湖的调节,洪峰时期黄河洪水向湖区倒灌,在湖区(特别是湖口)山洼间亦产生淤积现象。当黄河洪峰退落时,特别遇到汶河来水,则由于清水(含沙量较小)下泄,对东平湖以下河道的变形是有一定影响的。艾山洛口河段各大断面中,朱阁、官庄、水牛赵等几年来是冲淤相间,有冲有淤,曹家圈大断面自1953~1956年均表现为冲刷。从河段输沙量来看,应该认为是淤积的,1951~1956年间淤积体积达3.5亿公方。洛口至利津间河段的冲刷也可以从各大断面上看出来,一般自1952年至1953年汛前,各大断面是有冲有淤,而自1953~1956年,大多数均有年年冲刷的现象,冲刷速度而且是很快的。从汛前大断面套绘图上比较,说明河段非但在纵向上刷深,主槽(平槽流量以下河槽)也在横向上刷宽,如霍家溜、李家、杨房、兰家、道旭、官家等大断面,表现至为明显。根据同水位下面积比较,霍家溜在1955年7月6日与1955年11月12日两次实测断面期间,扩大面积317平方公尺(计算水位30公尺),杨房1955年11月3日较1955年6月2日断面冲大463平方公尺(计算水位22公尺)。自1953~1956年,河段大断面面积一般冲刷扩大500~1,000平方公尺。

兹再根据各站历年(1951~1956年)资料,对流量为3,000与5,000秒公方下的最大最小水位变幅列如表12:

表12

历年 水位 变幅(公尺) 流量(秒公方)	站 名	秦 厂	夹河滩	高 村	孙 口	艾 山	洛 口	利 津	前 左
5,000	最大	0.79	0.61	0.75	0.49	1.08	0.69	0.84	1.40
	最小	0.39	0.29	0.29	0.38	0.42	0.38	0.22	0.24
3,000	最大	0.89	0.53	0.69	0.77	0.87	0.53	0.75	1.05
	最小	0.29	0.23	0.48	0.32	0.31	0.36	0.21	0.25

由表12可知黄河下游的冲淤变化是很大的,同流量的水位变幅一般在0.5~0.8公尺,最大幅度达1.4公尺。表12中各站水位最大变幅,除孙口、艾山出现于其他年份外,其余各站均出现于1954年。

关于下游河道河滩部分的冲淤变化,由于滩面一般较宽,糙率较大(多植棉花庄稼),当洪水漫滩以后,水流挟运力减小,引起滩面的淤积。根据各站与各大断面历年汛前实测图比较,并结合调查资料对比,则

知下游河道灘面在1951~1953年汛期由于洪水不大,变化較小,1954年汛期秦厂洪峰連續出現,含沙量亦大,9月5日洪峰秦厂最大含沙量达286公斤/公方,造成下游灘面严重淤积。在高村以上河道因沿河灘面高程变化較大,其淤积深淺随漫滩水深大小及水流緩急而不同,一般約在0.1~0.8公尺,个别灘面因溜緊也有冲刷現象。高村以下河道基本上全都漫滩,高村艾山間灘面淤积深度一般为0.4~0.6公尺,艾山以下淤积較少,約0.2~0.3公尺,1955年与1956年略有冲刷。灘地淤积的过程一般是灘唇淤积較多,其范围約在200~500公尺之間,向堤脚淤积逐渐减少,因而形成灘面向堤脚傾斜的横比降。

3. 各站断面的冲淤变化規律

由于黄河下游水情与河型的特点,表现在各站断面在一年内随季节的不同,变化非常显著。根据洛口站1954年水位、流量、含沙量、水面寬与河槽河底平均高程过程綫,可以看出河槽年中的冲淤变化情况。一般为汛前河底較高,汛期河底較低,最低的月份相当于水量最多的月份,落淤后河底逐漸淤高,凌汛期間河底高程也較低,桃汛稍冲,桃汛后直到汛前河床又逐漸淤积。其他各站也有同样变化。

为了表示各站年内断面的变化,特选取秦厂、高村、洛口、利津等站逐年汛前、汛期、汛后施测的大断面图主槽部分进行套繪分析。

由以上資料,說明断面年中的变化是很大的。汛期断面較汛前因冲刷而增加的面积大小要根据該年水文特征与河床形态而定。一般河南秦厂、高村断面变化相差达500~1,000平方公尺,1954年由于汛期出現較大洪峰,面积变化均大于1,000平方公尺,山东洛口、利津断面变化一般在500~800平方公尺,汛期过后,河床逐漸回淤,断面也逐漸縮小,回淤程度有的較汛前断面为小,有的接近汛前断面,也有尚未恢复汛前断面的,要看各年水力条件而定。断面形态的变化各站均不相同。秦厂、高村由于河势平面摆幅很大,所以断面变化也很大,尤其高村断面自汛前断面最深点可向下側深达7公尺。洛口断面由于河道在平面上所受到的限制,摆幅不大,所以断面主槽向縱横同时发展。利津断面则由于河势的变化,也引起了該断面主槽位置的左右移动。

表13

站 名	項 目	实 測 日 期		实 測			計 算			备 考
		月	日	水 位 (公尺)	寬 度 (公尺)	面 积 (平方公尺)	水 位 (公尺)	面 积 (平方公尺)	面 积 差 (平方公尺)	
秦 厂		9	3	96.63	1370	4830	95.59	3310		
		2	2	95.59	503	390	95.59	390	2,920	
高 村		8	21	61.03	943	4610	58.91	2940		
		1	28	58.91	215	349	58.91	349	2,591	
孙 口		8	19	47.55	1360	5750	44.05	2220		
		2	24	44.05	340	444	44.05	444	1,736	
艾 山		8	13	41.30	413	3320	36.78	1500		
		6	26	36.78	222	423	36.78	423	1,077	
洛 口		9	10	21.40	232	2400	25.88	1470		
		6	28	25.88	225	528	25.88	528	942	
利 津		9	10	12.17	556	2640	10.09	1500		
		6	28	10.09	371	487	10.09	487	1,013	
前 左		9	7	8.96	586	2190	7.16	1020		
		5	14	7.16	417	517	7.16	517	503	

为了了解下游各站在年内断面的最大冲刷变化程度,曾以1954年各站在年内最大冲刷断面与最大淤积断面进行对比,见图7,这也显示出了黄河下游各站河床冲刷的特性。这项最大冲刷断面在低水位以下的变化数值则如表13。

从各站水位流量关系曲线在年中的位置移动情况分析,秦厂在1~5月和11~12月間是偏左,8月最偏右,6、7、9、10月居中。高村1~3月和5~7月最偏左,8、9月最偏右,4、10、11月和12月居中。洛口1~3月和11、12月最偏左,7~9月最偏右,4~6月和10月居中。这也反映了各站断面年中冲刷的变化过程。

为了进一步探讨各站历年汛期一次洪峰期间断面的变化情况,曾对秦厂、高村、洛口等站历年汛期选一次洪峰的实测资料,作出日平均流量,与同水位面积过程线(见图8),以资对比分析其断面变化过程与规律。并将洪峰始末实测断面与洪峰期间最大冲刷断面进行套绘,以显示断面形态的变化(见图9)。

由图9看出黄河下游各站洪峰期间断面的变化过程一般是符合“淤冲落淤”的现象的,也就是自洪峰开始至峰顶,河床断面是一个冲刷过程,由洪峰至峰末则是一个淤积过程。最大冲刷断面往往出现在最大流量之后,即在初落水的阶段仍为冲刷。由洪峰开始一直到最大冲刷断面,其面积变化在秦厂一般达350~1,000平方公尺,高村在一般水情变化不大的年份中,河槽冲刷深度较大,断面扩大也在700平方公尺左右,洛口则在500平方公尺左右。峰后的回淤情况,根据洪峰期间最大冲刷断面与峰末断面的比较来看,在秦厂较大,高村次之,洛口较小。因此表现在整个洪峰过程中断面的冲刷结果来看,秦厂峰末断面较峰初断面有的出现淤积,有的出现冲刷,而高村洛口两站断面则均表现峰末较峰初断面为大。1954年9月洪水由于含沙量大,在该次洪峰中三站断面回淤速度均较历年为大,峰末断面均比峰初断面为小,由此可知断面的冲刷变化是与水流之间有相互作用的。以高村1954年8月31日至9月20日洪峰过程中副断面的变化为例,9月3日洪峰开始时主流偏右,断面最深点在起点距320公尺处,高程55.5公尺,5日水位上涨,至6日上午大河顶冲上游左岸青庄,主流左移,因而断面右半部淤高,左半部刷大,在起点距700公尺处断面最深点高程降至54.3公尺,自6日以后,河势又右移至11日河槽,断面变化很大,左半部完全淤起,右半部又冲深刷大,在起点距仅150公尺处,断面最深点达54.4公尺,至20日在起点距300公尺处,河槽最深点高程已淤至55.6公尺,断面形态左右对称。秦厂断面也有同样的变化情况。黄河下游河床、沙洲的运行,特别是在河南的宽浅河槽,在汛期洪峰期间的变化是很大的,而且非常迅速,往往经过一个洪峰,断面的形态可以完全变样。

至于经过一个枯水期间各断面变化的情况,仍以秦厂、高村、洛口三站进行分析,作出一年中11、12月至翌年汛前6月間月平均流量与各月接近月平均实测断面的同水位面积过程线,如图10,并绘出历年枯水期间断面变化比较图,见图11。一般套绘三个断面图,即一年中11月、翌年6月与枯水期间最大淤积断面,也就是按同水位下最小断面进行套绘,以显示枯水期间断面变化的情况。

图中首先反映出秦厂、高村、洛口诸站经过一个枯水期间,断面的变化是一个淤积过程,变化也比较小。(因秦厂1954~1956年、高村1953~1956年枯水期间系于副断面施测,故在图中未绘出这几年的结果,但由近几年来副断面实测结果比较,更可说明这种情况)。在整个淤积过程中,由于受凌汛、桃汛的影响,河床也表现有突出不稳定的时间,一般秦厂高村由11月至翌年3月間河床淤积为最高,经过桃汛微冲时期,河床至大汛初次洪峰又发生淤积。在同一期间,洛口站断面变化过程较为稳定,受桃汛影响也较小,淤积现象十分明显,最大淤积断面多出现在3月份以后。根据1954年黄河下游各站最大冲刷断面比较,艾山以下诸站最大淤积断面多出现于5、6月份。在淤积的程度上要依据各年的水流特征而定。秦厂1951年11月17日与1952年6月9日、1952年11月14日与1953年6月20日、1953年11月14日与1954年6月11日断面的比较,其总面积变化不大,而1954~1955、1955~1956年枯水期间断面(秦厂P.C付断面)淤积十分严重。由1955年11月24日与1956年6月6日实测断面比较,同水位(96.02公尺)面积缩小606平方公尺,同样地,高村、洛口站11月与翌年6月間断面比较也能缩小达500平方公尺左右,一般缩小范围为100~400平方公尺。至于断面形态的变化可参阅图11,由此可知秦厂、高村变化较大,洛口变化较小,其变化同样与溜势作用相互影响甚大。

综合以上各方面的分析研究结果,可知:

(1)自1951~1956年間黃河下游河道基本上是逐年淤积的。总的說来，在冲淤的定性方面一般是可靠的，而在定量方面則只能得出一个概念。根据以上的分析計算和我們实际观察的結果，認為孟津至秦厂間年淤积速度約0.2公尺，秦厂至艾山間年淤积速度約在0.1公尺左右，艾山至洛口間年淤积速度为0.15公尺，洛口至利津間則发生冲刷，年冲刷速度約为0.2公尺，利津以下年淤积速度約为0.1公尺左右。

(2)現有固定大断面多設在弯曲河道內，在断面上冲淤变化的一般規律是“漲冲落淤”，最大冲刷断面多在洪峰的初落阶段，洪峰过后断面又逐漸回淤。由于固定大断面在直河段設置的很少，因此直河段的冲淤的过程尚待进一步的观测研究。

(3)每年汛期过后，自11月至翌年汛前6月，各固定大断面的变化是一个淤积过程，最大淤积断面多在翌年3月以后，河床也比较稳定，惟在桃汛及凌汛期中河床略有变形。

研究下游河道的纵向变化，必須掌握泥沙的运动規律，以及与河床形态的相关关系。我們目前才在这方面开始进行研究，同时沿河大断面較少，在断面位置上、施測項目上、和施測時間及精度上亦都存在不少問題。因此，根据这几年的資料所得出的結果，只能表示下游河道冲淤变化的一般概念，尚缺乏理論上的分析，今后还需在这一工作的基础上，改进观测办法，繼續研究提高。

渭惠渠灌溉渠首取水防沙試驗研究

水利电力部西北水利科学研究所泥沙研究室

一、前言

在我国大规模的社会主义水利工程建设中,泥沙研究工作是一项重要而复杂的任务。其中灌溉渠系泥沙处理是目前泥沙研究重点问题之一,而渠首泥沙的处理又为渠系泥沙研究工作中的一项关键问题。其目的在于研究渠首的合理布置,并采取适当措施,以防止或减少泥沙进入渠道。

陕西省的许多灌溉渠道由于泥沙过多而经常妨碍正常引水;渭惠渠于郿县魏家堡渭河上筑坝设闸引水,渠首河段系平原河道,含沙量大,引水时粗沙,石砾大量入渠,严重地影响了灌溉的正常引水。同时渠首工程的设计亦有缺点,来水方面亦不适当,为渠首管理带来了困难。为了解决这个问题,工程机关计划一方面治河,改善河道形势,同时将渠首局部改建扩大。根据试验观测,渠首改善的原设计仍未能解决泥沙入渠的问题,当河道流量为70秒公方,引水30秒公方时,进入渠道的泥沙仍在百分之八十以上。

原渠首工程布置系为印度式,本试验即是在原有工程改善设计布置的基础上,利用潜流分水墙使沙砾接近进水闸的机会减小,并使冲刷槽内水流分为两层,上层清水进入渠道,下层含沙水流由冲刷闸排至下游,效果良好。试验中,进一步地利用螺旋流使接近进水闸之底沙,更远离闸槛前缘,因而大大地减少了泥沙进入渠道的数量。

因此,我们认为,虽然印度式布置的取水构筑物有很多缺点,但在采取适当措施(例如本文所述之措施),改变了水流内部的结构之后,仍可满意的工作。

同时,我国已建渠道工程中多为印度式布置,因在原有基础上予以改善,是可以满足防沙要求的。因此我们认为进行旧有工程改善研究工作是完全必要的。

二、目的和要求

试验要求是在1956年“渭惠渠渠首改善工程试验”结果的基础上(如图1)作进一步试验研究,改变水流内部结构,以得到更有效的防止底沙入渠的措施,以便工程改善的参考。这一试验目的,在于河道治理及渠首局部工程改善后,主流接近进水闸前(如河道流量在120秒公方以下时,可全部由冲刷闸泄去)当进水闸引水流量为30秒公方时渠首能防止或少进入渠道的底沙,以保证经常引水,并使渠道输水正常化,达到扩大灌溉面积,增加农业生产的目的。

三、模型设计

根据福氏重力定律,采用定床正态模型,冲刷闸上取直段引河槽200公尺左右,见照片1,但模型沙按天然沙缩小,粒径太细,又因流速小,运动不灵活,以比重1.375块炭代之,粒径以1至2公厘为主,故舍去几何性相似而求运动之相似,按拖引力相似理论进行计算,采用的模型比尺如下:

长度比例: $L_r = 40$

深度比例: $h_r = L_r$

速度比例: $V_r = \sqrt{h_r} = 6.33$

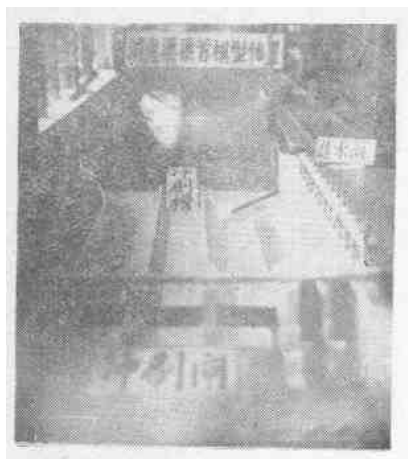
流量比例: $Q_r = (L_r)^{3/2} = 10,120$

底沙比例: $d_r = \frac{d_p}{d_m} = \frac{\gamma_{sm} - 1}{\gamma_{sp} - 1} L_r = \frac{0.375}{1.65} 40 = 9.1$

四、試驗經過及成果

試驗的進行可分為進水閘九孔及十二孔兩個方案其模型布置見照片1,試驗時的河道流量以70及120秒公方為主,渠道引水量為30秒公方。

1. 九孔進水閘方案試驗情況:



照片1 十二孔進水閘試驗成果模型布置

(1)原定方案如圖1所示。槽內加了三道分水牆(長30公尺高1公尺)延長旧冲刷槽(第一條)為28公尺,旧槽槽坡為零,并于上端加斜角45度,坡度為1:2的導沙坎。流狀及底沙運動情況之比較如圖2所示。

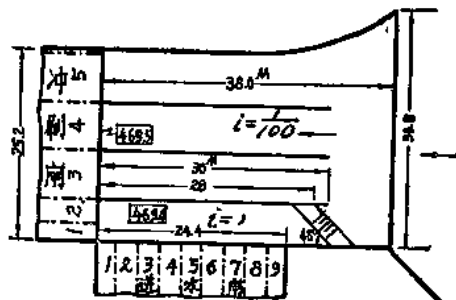
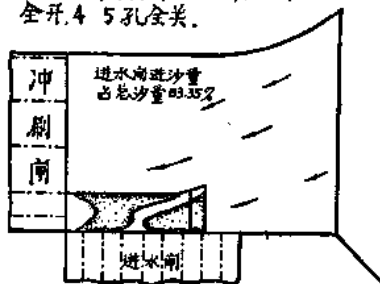


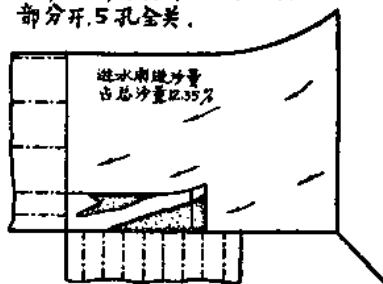
圖1

附注:原渠首工程仅有冲刷閘1、2兩孔,進水閘1至6孔扩建后增加進水閘三孔,共五孔;并扩大進水閘(見圖1)。

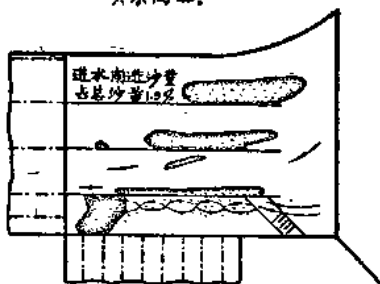
a) $Q=70$ 秒公方,進水閘引30秒公方,冲刷閘1、2孔部分开,3孔全开,4、5孔全关。



d) $Q=120$ 秒公方,進水閘引30秒公方,冲刷閘1、2孔部分开,3、4孔部分开,5孔全关。



b) $Q=70$ 秒公方,其余同上。



e) $Q=120$ 秒公方,其余同上。

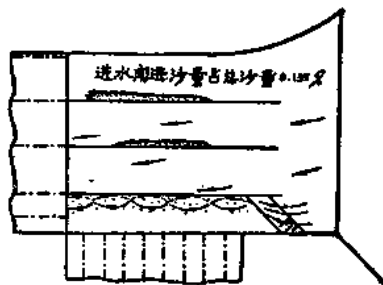


圖2