

泥 沙 研 究

第三卷 第一期

泥沙研究工作組編輯

1 9 5 8

水利电力出版社出版

泥沙研究 第三卷 第一期

編輯者 泥沙研究工作組
出版者 水利電力出版社
發行者 新華書店
印刷者 水利電力出版社印刷廠

本期印數 1—1,100 本期定價 1.2 元

泥 沙 研 究

第三卷 第一期

1958 年 6 月

目 录

荆江河床質組成初步分析·····	長江流域规划办公室水文处河流研究室 (1)
水温對於泥沙运动的影响·····	
·····	中国科学院水利部水利科学研究所 錢宁 (15)
紊流流速分佈及悬移質运动·····	武汉水运工程学院 邓佑直 (29)
淺水河流河床演变的斜河現象·····	
·····	中国科学院水利部水利科学研究所 方宗岱 (40)
關於水平护坦后的局部冲刷問題·····	工程师 И. В. 列別节夫 (54)
論溢水建筑物下游的研究方法·····	技术科学副博士 И. И. 別辽雪夫斯基 (60)
論水躍后水流的不均匀分佈与脈动力·····	工程师 Е. Я. 胡洛里科娃 (65)
明渠水流的輸沙能力·····	И. В. 耶格扎洛夫 (68)
關於 И. В. 耶格扎洛夫“明渠水流的輸沙能力”一文的意见·····	
·····	И. И. 列維 (80)
弯道水流的研究·····	И. Я. 罗索福斯基 (83)
暗槽中悬移質泥沙与紊动傳遞作用·····	И. М. 袁斯茂尔 (96)
全苏第三次水文會議河床演变組工作情况介紹·····	武汉水利学院 謝鑑衡 (113)

荆江河床質組成初步分析

長江流域规划办公室水文处河流研究室

本文由我室俞俊工程师主持分析，荆江河床实验站負責測驗工作，中国科学院水工研究室錢宁研究員对測驗佈置和分析內容提供了不少有益的意見。

一、前 言

荆江是長江紧接三峡出口后的一段冲积河流，它的范围，上自距宜昌下游 59 公里的枝江起，下至洞庭湖口的城陵磯止，長約 404 公里。按河型的不同，以藕池口为界又分为上下荆江兩部分。上荆江長約 171 公里，河道外形比較固定，河床每年隨水流漲落發生周期性的变形；下荆江長約 233 公里，屬於一种弯曲河道，它的外形經常变化，从 1887 年至 1947 年間曾先后分別在古長堤，尺八口和磯子弯等三处發生过自然裁直。

冲积河流的河床主要是由上游来沙中不能为水流帶走，而在当地沉积下来的泥沙所組成，因此在研究許多河流問題时，如河性，河相和河床演变等等，河床質的組成是一个不可缺少的重要因素。荆江河床質的沿程砂样，在 1956 年 8 月才开始較全面地採集，此外，並在 1957 年 7 月於沙市附近选定一处較短的河段，进行了密集的河床質採样。現在根据这些有限的資料，对荆江河床質的組成作一次初步分析，以了解它的一般特性。

二、採样情况

荆江河床質採样工作曾在 1954 年起已由少数控制水文測站如枝江、~~观音寺、新市、沙市、宜昌~~等站以試測，1955 年又在荆江部分固定断面取了一些沙样，但全江有系統的採样还是在 1956 年下半年开始的。關於採样断面位置是考慮了河段曲直的外形以及四口分流等情况，就荆江已設固定断面中选定的。上荆江每隔三个断面，下荆江每隔五个断面选定取樣断面一处；每一取樣断面又分別在主流和左右边溜各取沙样一点，即全断面取樣三点。在 1956 年 8 月 23 日起至 11 月 3 日止的一段时期內，荆江共取了 49 个断面的河床質，計 147 个沙样。

此外，为了进一步了解荆江河段內河床質的詳細分布情况，曾於 1957 年 6 月 23 日和 7 月 8 日兩天，在沙市附近長約 9,150 公尺的弯曲河段密集採样一次。在該河段內每隔 300 公尺左右选定取樣断面一处，共 27 处；並在每一断面上採取不同数量的沙样，其中最多的有 17 点，最少的有 6 点，平均有 11 点，全河段共計採样 301 点。同时結合沙市段河床演变观测工作的进行，施測了有关的水力因子。

荆江河床質採样位置及沙市河段密集採样位置見圖 1。

荆江河床質採样工具是一种鉄質的錐式採样器，適用於泥沙或泥沙混合組成的河床。它由盛样斗，鉄盖板，彈簧圓鉄桿三种主要部分構成的（圖 2）。

盛样斗高約 10 公分，口徑尺寸隨錐角 α 大小而不同，錐角一般在 $30 \sim 45^\circ$ 之間，視河床組成物的硬度而定。荆江水深流急，錐式採样器由悬索施測，为了減少偏角，採样器常以鉛魚加重，它的重量依水深和流速大小而異，最大达 250 公斤，最小也有 50 公斤。錐式河床質採样器，在荆江应用的效果尚屬良好，虽在悬索偏角达 $65 \sim 70^\circ$ ，水深 40 ~ 45 公尺，流速接近 4 秒公尺的情况下，仍能取到了样品。不过，由於盛样斗高度的限制，所採样品仅屬河床表層以下約 20 公分部分的組成。

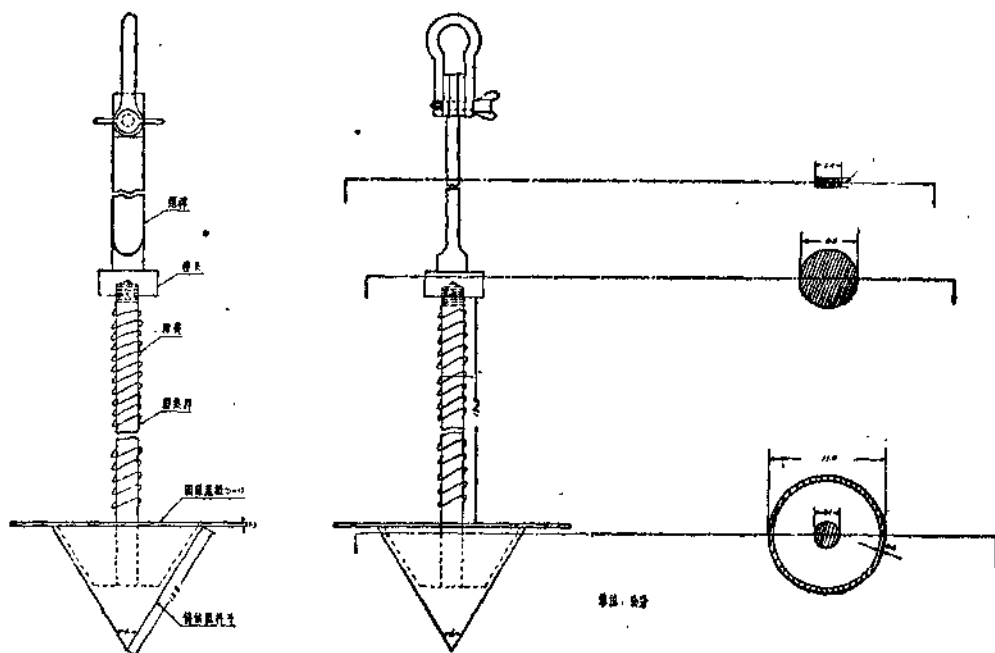


圖2 錐式河床質採樣器構造圖

三、物理分析

1. 顆粒分析

荆江河床質沙樣中，粒徑大於0.1公厘的顆粒所占沙重百分數一般都在90%以上；粒徑小於0.1公厘的較細沙粒的重量百分數在10%以上的僅占極少數。因此根據泥沙顆粒的粗細決定分析方法以篩析法為主，底漏管法為輔。顆粒分析的標準是：級配上限應達到94%，下限應達到10%。精度要求：分析操作應合乎規定，對個別突出點須加批判，級配曲綫要光滑地通過各個點子。

甲、篩分析：所用篩子系民主德國製造，牌號是Prwfsieb-Din 1171，它是直接用孔徑來表示的，全套共有篩孔19種：

2.5 2.0 1.5 1.2 1.0 0.75 0.60 0.50 0.43 0.40 0.30 0.25 0.20
0.15 0.12 0.10 0.090 0.075 0.060 公厘。

根據荆江泥沙顆粒的大小，現在經常用的篩孔只11種：

0.75 0.50 0.40 0.30 0.25 0.20 0.15 0.12 0.10 0.075 0.060 公厘。

在應用以上篩孔分析時，若分析成果上限不能達到94%，則另用較大篩孔的篩子進行篩析；下限不能達到10%時，則將通過0.06公厘篩孔的沙樣，再用底漏管法分析。

篩分析的過程：沙樣自河中採取後經過涼干，在進行顆粒分析前，首先備樣。因採取河床質砂樣重量一般在100~200克，顆粒分析僅需10~100克，故將涼干的沙樣拌合均勻後，用分砂樣器在其中選取一分，放入烘杯內，置於恆溫箱中，以溫度110~120°C烘烤六小時以上，烘至沙重不變為止，再用天平稱其過篩前的總沙重。然後將其存沙樣的篩子放在搖篩機上過篩10~20分鐘，取出各層篩上的砂樣，分別裝杯，烘干，稱重，並計算小於某粒徑沙重的百分數，繪制級配曲綫。分析砂樣的累積重量與其過篩前的總沙重不得大於2%。

乙、底漏管分析：所用管的內徑是2.54公分，長約120公分，管徑在底部逐漸收縮，管底的內徑

是0.7公分，外徑是1.0公分。此法適用於0.1~0.001公厘的粒徑範圍，砂重不得超過5克，但也不得小於0.3克。

2. 成分鑑定

甲、鑑定方法：重砂礦物鑑定有一套專門的分析方法，所需設備較多。目前因條件限制，最初僅用放大鏡作肉眼鑑定，其精度較差，一般只能定出最常見的，容易區別的礦物名稱，如石英、長石、黑、白云母等，其他礦物，特別是暗色礦物，由於顆粒小，表面有泥質，或氧化物的薄膜，形狀的破壞等原因，故難於區別和定名。乃改用光學鑑定，即將松散的砂粒以加拿大樹膠膠結起來磨制成薄片，放在顯微鏡下，用光學方法鑑定。本法的優點是定名較精確，但缺點是沙樣中所有的礦物，特別是含量少的礦物，不一定都能膠結在一個面積很小的薄片上，因此所鑑定的礦物成分可能是不全面的，不過較肉眼鑑定法的精確度要好。

乙、組成成分：在荆江的取樣斷面中，按不同的河段選擇了9個斷面的中泓河床質砂樣作為此次鑑定的對象。其中除斷面P.C.S.4, P.C.S.82, P.C.S.181,的砂樣用兩種方法鑑定外，其餘6個砂樣只作鏡下鑑定，對肉眼鑑定的沙樣並估計了各種成分含量的百分數（體積比）。此外，並用磁鐵吸出了各個沙樣中的磁性礦物，也估計了它們占砂樣總體積的百分數。各砂樣的鑑定成分和磁性礦物含量分別列表如下：

荆江河床質成分鑑定表

斷面號數	礦物成分及百分比		備註
	肉眼鑑定	鏡下鑑定	
P.C.S. 4	石英75%，岩石碎屑8%，長石10%，黑白云母，金云母5%	石英，長石，角閃石，方解石，岩石碎屑，黑云母氧化鐵	1. 鑑定單位： 長江流域規劃辦公室地質處地質組 2. 鑑定時間： 1957年9月 3. 成分百分比系體積比
25		石英，岩石碎屑，方解石，長石，角閃石，輝石云母	
45		石英，方解石，岩石碎屑角閃石，長石，輝石，綠泥石，氧化物	
64		石英，長石，岩石碎屑，方解石，角閃石，黑云母，綠泥石，氧化物	
82	石英80%，岩石碎屑8%，長石5%，云母3%，綠泥石2%	石英，方解石，角閃石，長石，輝石，綠泥石，氧化物，岩石碎屑	
111		石英，長石，方解石，角閃石，黑云母，氧化物	
131		石英，方解石，鐵礦（包括氧化鐵），長石，角閃石，岩石碎屑，綠泥石，云母	
161		石英，方解石，長石，角閃石，云母，輝石，氧化鐵，泥質，鐵礦	
181	石英75%，岩石碎屑10%，長石5%，云母1%，綠泥石，煤屑	石英，方解石，長石，角閃石，黑云母，綠泥石，岩石碎屑，磁鐵礦	

荆江河床質磁性矿物含量表

断面 号数	P.C.S. 4	P.C.S. 25	P.C.S. 45	P.C.S. 64	P.C.S. 82	P.C.S. 111	P.C.S. 131	P.C.S. 161	P.C.S. 181
磁性矿物 含量 %	10	10	7	7	6	7	6	5	10
备 註	1. 鑑定單位：長江流域规划办公室地質处地質組 2. 鑑定時間：1957年9月 3. 百分比系体积比								

3. 比重測定

由於荆江河床質泥沙的質地不純，故所測比重是各种矿物質和有机質組成的混合泥沙的平均比重。根据荆江河床質試样粒徑都在0.20公厘以下的情況，決定比重測定採用比重瓶法。它的工作程序是：首先进行比重瓶溫度校正，找出各种溫度下比重瓶盛裝蒸餾水到一定標記的重量，再分別算出試样的烘干重量和在某种溫度时比重瓶盛裝蒸餾水及砂样的总重量，据以計算泥沙的比重。比重瓶盛裝渾水时瓶中的空气以煮沸法排除之。本試驗用平行試驗进行兩次，兩次結果差在0.02以內时，取其算术平均值作为最后成果。荆江各水文站所取河床質的比重如下表：

荆江各水文站河床質比重測定表

測站名称	取 样 日 期	取样位置	比 重		
			1	2	平 均
枝 江	1957年8月23日	中 泓	2.70	2.71	2.70
陈 家 弯	1957年5月1日	中 泓	2.69	2.68	2.69
新 厂	1957年3月14日	中 泓	2.69	2.69	2.69
监 利	1957年5月14日	中 泓	2.73	2.71	2.72
城 陵 磯	1956年12月19日	中 泓	2.68	2.67	2.68
备 註	1. 分析單位：長江流域规划办公室荆江河床實驗站泥沙室 2. 分析日期：1957年8月 3. 城陵磯系長江固定断面中泓砂样				

天然河砂的比重一般在2.6~2.7之間，但由於荆江河床質中存在着比重較大的磁性矿物質，故它的比重有时大於2.7。

4. 粒狀觀察

为了了解荆江河床質的顆粒形狀，曾选定五个固定断面所採取的中泓河床質的混合砂样，借用中国科学院水工研究室裝制的30倍反光放大鏡，觀察和描繪它們的形狀，詳圖3。这些顆粒形狀沿程沒有显著的变化，一般尚具有尖銳的稜角，这說明荆江的河床質泥沙在水流挟运的过程中，很少磨損，仍旧保持了原有的状态，尽管它們的边角部分有些損伤，但粒面是沒有磨擦过。

四、荆江河床質一般特性

1. 荆江水文特征簡介

荆江上游有長江干流及支流清江來水，經松滋及太平兩口分流后在沙市附近又注入沮漳河來水，再經藕池口及調弦口分流，在城陵磯与洞庭湖水系來水匯合，其基本特征是：來水量大，四口分流量大，汛期荆江下游受洞庭湖水頂托影响大，以致各段水流情况变化复杂。茲就水力，泥沙因子的特征

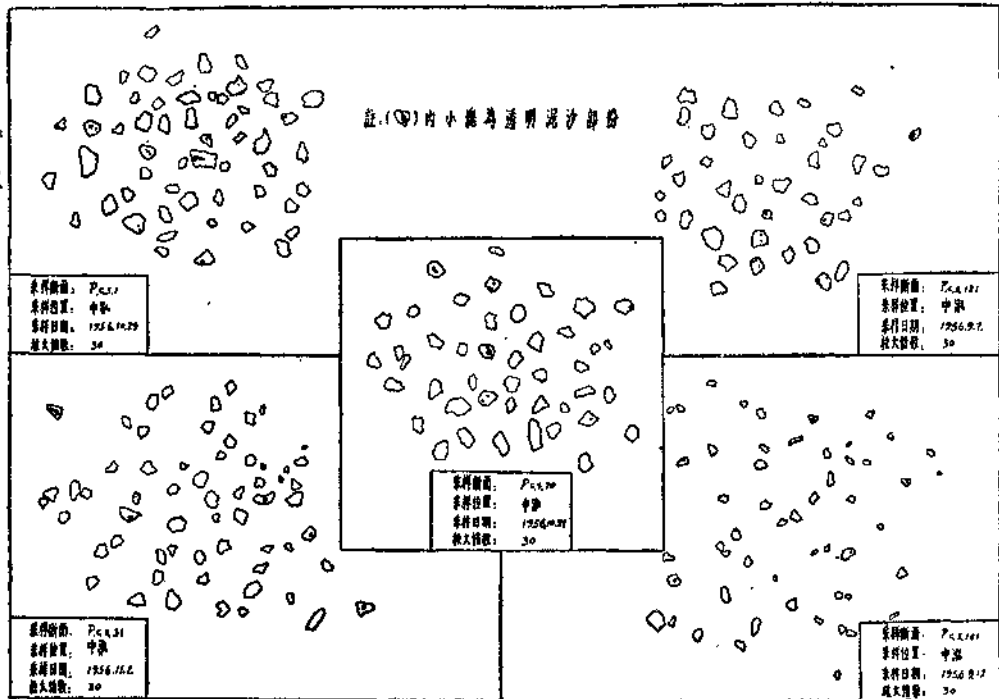


圖3 荆江河床質組成顆粒形狀圖

分述如下：

甲、水位變幅：荆江各站的全年水位變幅在大水年分大，而在小水年分小。从宜昌至石首間水位差逐漸遞減，沙市、調弦、石首三處的水位差雖略有上下，但尚接近，以下从監利至城陵磯又逐漸增大。沿江各水文站水位差不同的原因，除因上下游位置关系外，四口分流及洞庭湖出水頂托是其主因。水位愈高，分流愈大，洞庭湖來水越大，荆江下游受變動回水的範圍也越大。

乙、比降变化：高中水位时期，上荆江比降一般大於下荆江，低水时期，則下荆江比降一般略大於上荆江。也就是說，上荆江比降高水时期一般大於低水时期；下荆江比降高水时期，一般小於低水时期。荆江各段比降变化的原因，主要是由於四口分流和洞庭湖出水頂托的影响，但受河窄及淺灘阻水，因而壅高上游有关河段水位，以致影响局部河段水面比降变化，也是原因之一，但沒有前者显著。

丙、四口分流：四口分流是荆江各段流量变化的基本原因，並且四口分流量与干流流量的大小成比例，即大水年分分流量大。历年四口分流以藕池口最大，松滋口和太平口次之，調弦口最小。四口合計分流的年总量約佔枝江站年总量的28.3~35.7%。

丁、含沙量及輸沙量：月平均含沙量，高水时期上荆江各站一般都大於下荆江；中水时期上下游各站較接近；低水时期上游各站有时反小於下游各站。荆江的年平均含沙量是由上游至下游逐漸减少的——荆江各站年輸沙量主要集中在汛期5~10月分，四口年輸沙量与它的分流量成正比，大水年四口的年总輸沙量約佔干流枝江站年輸沙量的5.3%，中水年40%，小水年38%。历年四口輸沙量以藕池口为最大，松滋口与太平口次之，調弦口最小。

悬移質粒徑的年內变化，在汛前顆粒較粗，愈接近汛期顆粒愈細，汛期顆粒变化不大，汛后則又轉粗，离汛期愈久顆粒愈粗， D_{50} 的变化範圍为0.01~0.03公厘，大於0.05公厘的粒徑組泥沙，在

荆江各段約佔全部含沙量的 20%；小於 0.01 公厘的粒徑組泥沙，在荆江各段約佔全部含沙量的 40% 左右。

2. 河床質的組成

荆江主槽床面的河床質主要是由均勻的中砂(0.25~0.50 公厘)和細砂(0.10~0.25 公厘)所組成，粒徑小於 0.1 公厘和大於 0.5 公厘的泥沙含量是很少的。荆江河床質主要組成的平均百分數如下表：

荆江河床質主要組成分析表

河 段	起 迄 地 點	粒 徑 組 別 (公厘)		
		0.10~0.20	0.20~0.25	0.25~0.50
上 荆 江	枝 江~藕池口	50.8%	22.7%	21.9%
下 荆 江	藕池口~城陵磯	60.6%	18.1%	7.4%
荆 江	枝 江~城陵磯	54.6%	20.9%	16.3%
備 註	1. 上荆江採樣 30 點，下荆江採樣 19 點。 2. 各組沙重百分比系各河段的算術平均值。			

雖然在整個荆江的 49 個河床質砂樣中，它們的組成是互不一致的，但從總的情況來看，上荆江河床質中 0.20~0.25 公厘和 0.25~0.50 公厘兩粒徑組的砂子含量都比下荆江為多，也就是說，上荆江河床質一般是較下荆江粗一些。現在把荆江河床質中佔最大百分數的粒徑組的出現次數統計如下：

荆江河床質組成最大含量出現頻率表

河 段	起 迄 地 點	最大含量的粒徑組出現頻率(次)				
		<0.10 公厘	0.10~0.20 公厘	0.20~0.25 公厘	0.25~0.50 公厘	>0.50 公厘
上 荆 江	枝 江~藕池口	0	20	2	8	0
下 荆 江	藕池口~城陵磯	2	16	1	0	0
荆 江	枝 江~城陵磯	2	36	3	8	0
備 註						

在荆江所取的 49 個河床質砂樣中有 36 個的最大含量屬於 0.10~0.20 公厘的一組，該組的平均含量是 54.6%，此外應指出的是：上荆江自枝江至馬家咀一段間，有八處的床沙組成的最大含量屬於 0.25~0.50 公厘的一組；下荆江分別在洪水港和鐘家門附近兩處的床沙組成的最大含量屬於 <0.10 公厘的一組，尤其是後者在整個荆江來說，組成比較特殊，原因何在？尚待補充資料，再加研究。

圖 4 是荆江干流與分流口門附近的河床質在汛期和非汛期的級配曲綫的一些實例，該項曲綫表明荆江河床質組成是十分均勻的，除個別地點如洪水港和鐘家門附近兩處外，它們的平均不均系數是 1.45。根據這一情況，並通過大量計算，我們可以肯定：由級配曲綫上求出的荆江河床質的中數粒徑 D_{50} 完全可以代表由面積法或應用公式：

$$d_{50} = \frac{\sum p_i d_i}{100}, \quad d_0 = \frac{1}{3} (d_1 + d_2 + \sqrt{d_1 d_2})$$

式中 d_i ——第 i 組泥沙的平均粒徑；

d_1, d_2 ——隣近兩篩孔的孔徑；

p_i ——第 i 組泥沙重量佔整個沙樣重量的百分數。

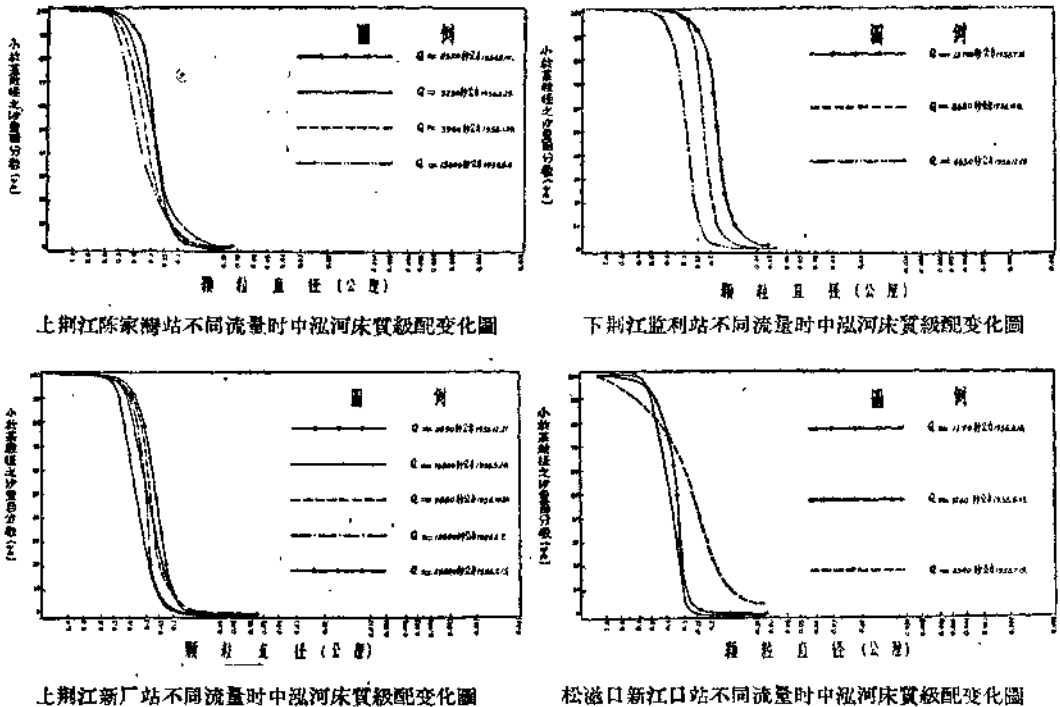


圖 4

所求得平均粒徑 D_{cp} ，荆江河床質組成的各種粒徑及不均系數統計如下：

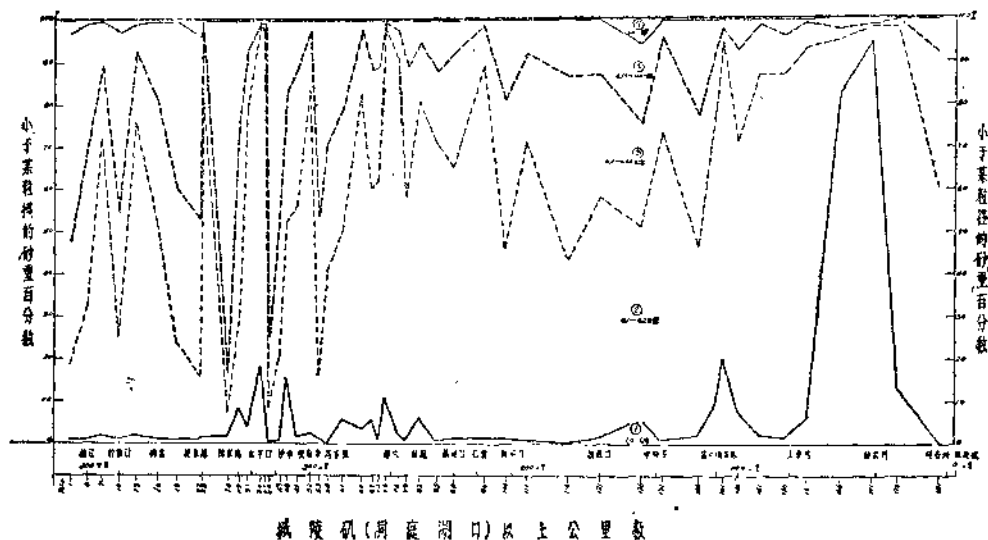
荆江河床質粒徑特征值統計表

名 稱	最 大	最 小	平 均	備 註
有效粒徑 D_{10}	0.220	0.050	0.135	1. 粒徑單位：公厘 2. $\mu = D_{80} / D_{10}$
中數粒徑 D_{50}	0.300	0.114	0.182	
D_{95}	0.530	0.175	0.280	
不均系數 μ	4.40	1.20	1.45	

3. 河床質的沿程變比

圖 5 及 6 表示荆江河床質組成和它的粒徑的沿程变化情况。虽然荆江的河床質主要是由中、細砂組成，但上下荆江的河床質的沿程变化有显著的不同，由於四口分流，河道弯曲，水面縮放，洲灘存在以及局部护岸工程等原因，使荆江各段的水力因素发生变化，並且这些变化可以直接从它的河床質組成的沿程变化現象上反映出来。例如在松滋，太平，藕池等分流口門附近以及在沙市(P.C.S.43)，馬家咀(P.C.S.55)，郝家灣(P.C.S.67)，郝穴(P.C.S.76)等。狹縮护岸河段，它們的河床質粒徑显得較粗；但在沙市(P.C.S.37)，监利(P.C.S.141)等急弯前，它們的河床質粒徑又都突然變細了。

荆江河床質組成和粒徑的沿程变化趋势是：上荆江的河床質組成內中砂(0.25~0.5 公厘)的含量多於下荆江；下荆江則主要是由細砂(0.1~0.2 公厘)所組成。在河床質粒徑变化方面，上荆江是向下游逐漸變小，並且起伏大得多；下荆江一般变化不大，起伏小而少，但洪水港和鐘家門兩处的組成顆粒特小，几与沉积在洲灘上的懸移質类似，这种情况有待进一步調查研究。若就各种不同粒徑的沿程



說明：本圖系根據長江流域規劃辦公室 1956 年 8.23~11.3 日所取荆江各固定断面及有关水文站深泓一綫河床質沙樣顆粒分析曲綫繪制。

圖 5 荆江河床質組成沿程分佈圖

变化粒徑来看：整个荆江河床質的 D_{10} 和 D_{50} 的变幅較小，而 D_{95} 的变幅較大，除个别情况外，这三种粒徑沿程的起伏一般是一致的。

4. 河床質組成与水力因素的关系

冲积河流的河床質組成是由几种水力因素所决定，但它們之間的关系是錯綜复杂的，此次受時間的限制，我們只对一些主要因素，如流量，比降，水深，断面平均流速，动力流速与糙率等作了个别分析，沒有做綜合研究。根据目前的資料，發現除断面平均流速，动力流速和糙率外，其他因素对河床質的变化都存在着一定的关系。

甲、与流量的关系

荆江干流各測站的河床質組成，一般是隨着流量的大小發生相应的变化，即流量大时，河床質顆粒級配就變得粗，流量小时它的顆粒級配就變得細，陈家灣站和新厂站就是这样的实例；但还存在着不同的个别情况，例如監利站在汛期因下游河段弯曲，狹縮，水流受到頂托，它的河床質組成在流量大时反而變得小了（圖 7）。不过严格的說来，流量和河床質組成的关系並不是很好的。我們曾分別点繪了荆江河床質的三种不同粒徑，如 D_{10} 、 D_{50} 、 D_{95} 与流量的关系都是比較散乱的（圖 7）。但是由於荆江河床質的主要組成部分，它的变化很小，一般都在中砂和細砂的範圍以內，因此，不管流量的变幅多大，它的关系点子仍能分散成一条狹長的帶形。

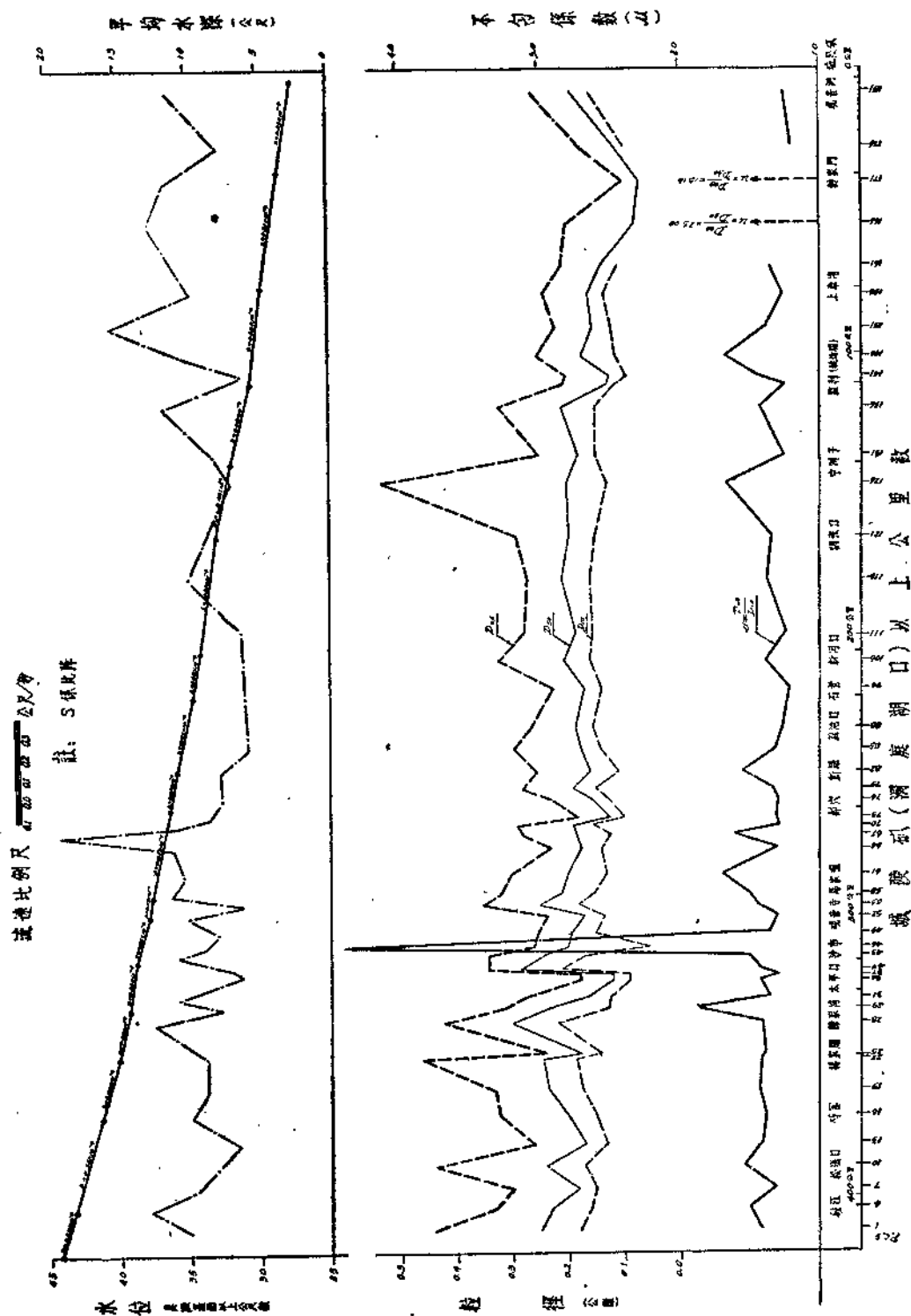
乙、与比降的关系

荆江河床質粒徑和比降的关系是比較良好的，經分別点繪了荆江分段的和新厂与監利两个水文站的河床質中數粒徑 D_{50} 与比降关系圖（圖 8 及 9）都証明了这一情况，荆江各河段河床質的平均中數粒徑与水面比降的关系公式如下：

$$D_{50} = 0.259 S^{0.42}$$

式中 D_{50} = 河段河床質的平均中數粒徑(公厘)；

S = 水面比降(10^{-4})。



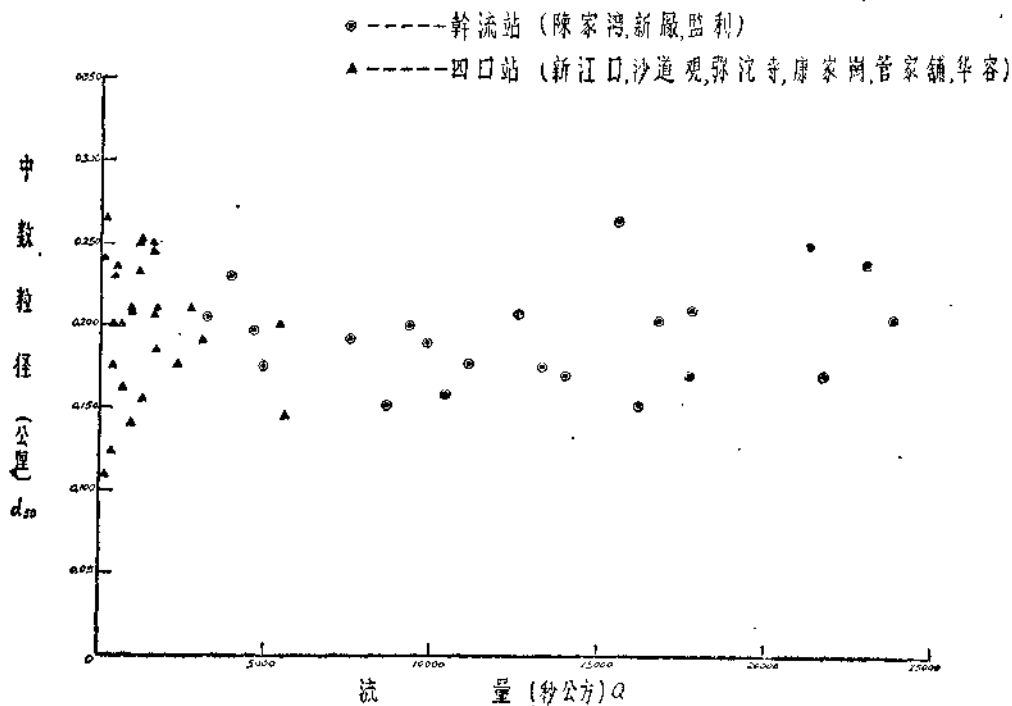


圖7 荆江河床質中數粒徑与流量关系圖

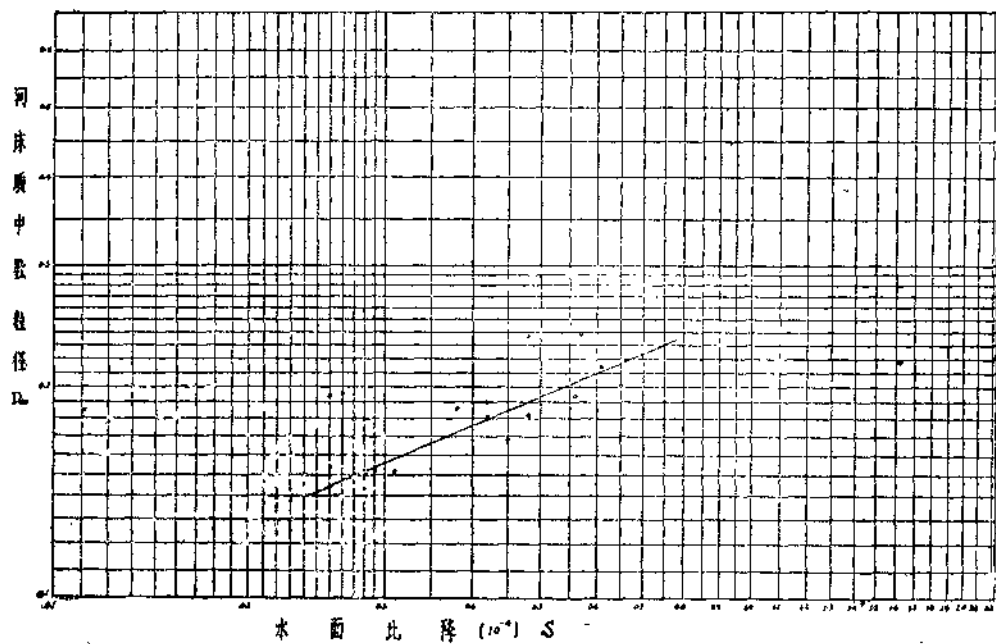
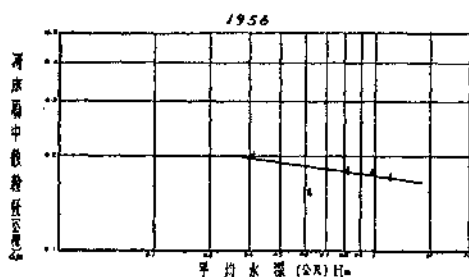
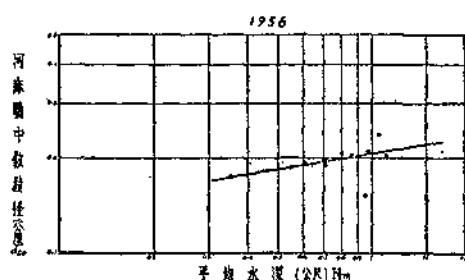


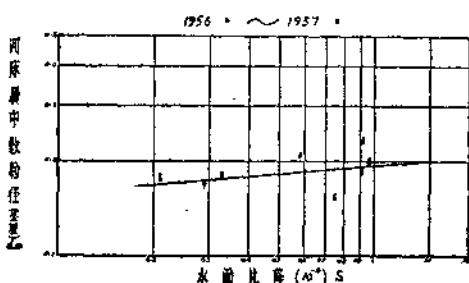
圖8 荆江各段河床質中數粒徑~水面比降关系圖



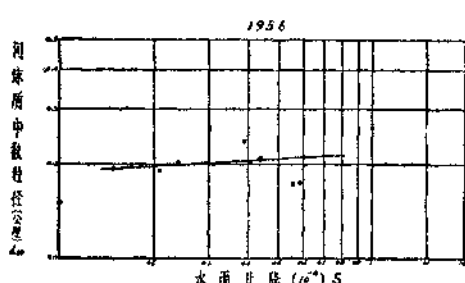
監利站河床質中數粒徑與平均水深关系圖



新廠站河床質中數粒徑與平均水深关系圖



監利站河床質中數粒徑與水面比降关系圖



新廠站河床質中數粒徑與水面比降关系圖

圖 9

丙、与水深的关系

荆江沿程的实测水深或平均水深与河床質中數粒徑的关系比較散乱，沒有一定的規律，但新厂和監利兩站的这种关系却較好，前者散乱的原因可能是荆江河段很長，受迴水頂托的河段水深虽有所增加，但水面比降減少，因此各該处的河床質中數粒徑与水深的关系正好和水流不受阻之处相反，監利和新厂兩站的关系就是这种情况的說明(圖 9)。

五、沙市河段河床質的組成和分布

1. 採样河段概況

沙市採样河段自太平口附近的固定断面 P.C.S. 32 起至沙市 P.C.S. 42—3 止，全長 9,150 公尺，屬於荆江沙市鹽卡河弯的一部分。太平口至沮漳河口为該河弯的上段，弯曲不大，河寬一般在 1,460~2,300 公尺之間(造床水位时)；沙市观音磯以下弯曲較大，江面漸形束狭，一般寬度在 902~1,540 公尺之間；至沙市下首油厂以下，江面又漸形扩大。緊接本河段上游有太平口(虎渡河)分流，中部在沙市上游附近有沮漳河來水，沙市沿江一帶筑有各种护岸建筑物，对河身起束狭作用。河段內有江心洲(密金洲)迫近右岸，上有耕地及圍堤，一般洪水年分洲上不过水。在密金洲左部的江心中，又新長着一个洲(新密金洲)。从楊家弯起至沙市二郎磯止，長約 8 公里，当地 38 公尺水位时，全部淹沒。在沙市束狭处以上，由於沙洲的存在，低水时期，江流分成三股，主流逼近左岸。

2. 河段水流情况

本河段由於固定断面 P.C.S. 42—3 处的束狭，形成高水期上游比降变小，下游比降增大；低水时期情况則相反。比降变化范围为 0.35~0.88(万分率)。流速隨水位上升而增大，如在固定断面 P.C.S. 41—2 处，当沙市水位 33.1 公尺时，河底流速为 0.4~0.8 秒公尺，水面流速小於 1.2 秒公尺，平均流速大部分分於 0.85~0.95 秒公尺；但当水位漲至 39.7 公尺时，河底流速亦增达 0.6~1.8 秒公尺，

水面流速一般大於1.2秒公尺，平均流速均在1.3秒公尺以上。由於本河段系一向右河彎，深槽偏於左岸，最大水面流速流向大致與深槽相適應。河段內低水時期的最大水深有7.5~11.5公尺，平均水深約4.0~8.5公尺，一般在5.0~6.0公尺；中水期最大水深14~22公尺，最小為6.5公尺，平均水深一般在7.0~8.5公尺。在沙市護岸附近，低水期最大水深一般均在15公尺以上，最高水位時，將近40公尺。沙市最低水位，一般年份為33.5公尺，多出現於1~3月份；最高水位一般年份為43~43.5公尺，多出現於6~7月份。洪峯持續時間僅數天，水位上漲率一晝夜可達1.1公尺，下降時一晝夜平均0.3公尺左右，突出的可達0.5~0.6公尺，沙市段突測最大流量為50,000秒公方（觀音寺站1954年8月），最小流量為3,530秒公方，（觀音寺站，1952年2月）平均流量為11,300秒公方，造床流量約為33,400秒公方。

本河段在1957年6月23日和7月8日兩天，先後在不同斷面上採取了河床質砂樣各一次，當時水位變幅不大，在39.30~40.07公尺之間。

3. 河床質的組成和分布

甲、機械組成：本河段河床質的機械組成以粒徑為0.5~0.1公厘的中細砂為主，重量比一般均在80%以上。但在固定斷面P.C.S. 34以上因受太平口分流影響，粒徑0.1~0.05公厘的極細砂的含量一般增大。本河段河床質的測點平均粒徑為0.02~0.32公厘，斷面平均粒徑為0.14~0.22公厘。

乙、粒徑分布：全段河床質分布，在橫向方面，主流左側顯有規律可尋，一般由深槽趨向左岸均有自粗變細的現象；主流右側因受新舊金洲淺灘的影響，粒徑分布錯亂，變幅較大。在縱向方面，固定斷面P.C.S. 38以上河段，粒徑變化不大，以下則多起伏，驟增驟減的現象較多。沿左岸深槽，平均粒徑較大，縱向變化於0.20~0.32公厘之間，若將河段內粗粒上下連成一綫，大致與本段深槽綫相符合。

兩岸河床質都採取於水邊，其粒徑變化範圍，在左岸為0.14~0.039公厘，在右岸為0.12~0.04公厘，顯因近岸水流滯緩，流速銳減，以致粒徑較小。

河床質在新舊金洲的分布情況：洲頭上游的一段河床（P.C.S. 32~P.C.S. 35-1），它的河床質縱橫向分布均勻，粒徑變化於0.17~0.25公厘之間；灘頭部分（P.C.S. 35-1~P.C.S. 37）河床質分布變化不大，介於0.11~0.22公厘間，以0.15~0.20公厘為主要組成；灘頂部分（P.C.S. 38）橫向變化於0.17~0.22公厘間，分布均勻；洲頂以下，粒徑分布錯雜，變化較大，較粗部分一般變化於0.19~0.22公厘，細粒部分變動於0.028~0.11公厘之間，至洲尾粒徑更見減小。

4. 在不同水力條件下河床質的變化情況

甲、水深：據圖11及12（見插頁），發現河床質平均粒徑與水深存在著下列情況：

沙市河段不同水深部分的河床質粒徑統計表

河段部分	水 深 (公尺)	河床質粒徑變幅 (公厘)	主要組成的粒徑 (公厘)	備 註
左 泓	0~10	0.011~0.15	0.10~0.15	
	10~10 以上	0.07~0.31 0.14~0.32	0.20~0.25 0.20~0.25	P.C.S. 32~P.C.S. 34 P.C.S. 31以下，最大水深21.9公尺
	10~6	0.14~0.26	0.15~0.20	
洲 灘	6~1.3~6	0.028~0.24	0.15	
右 泓	6~10 以上	0.14~0.23	0.10~0.15	
	6~0	0.14~0.020	0.10	

从上表可获得这样一个概念：在本河段的深槽中，水越深，它的河床質粒徑越大，而变幅較小；在淺灘部分，它的河床質粒徑較深槽為小，而变幅則較大；但淺灘的洲頭洲頂的河床質粒徑又較洲頂以下為大，而粒徑变幅則以洲頂以下較大，在主副槽的等深处，它們的河床質組成基本上是相同的，粒徑变幅也近似，但主要組成的粒徑，則主槽大於副槽。河段的最大粒徑出現於深槽主流一綫，而最小粒徑則發生在边灘和淺洲的尾部。

乙、流速：从圖 10 及 11（見插頁）的不同水面流速和相应的粒徑分布情况获得如下的关系：

沙市河段不同水面流速部分的河床質粒徑統計表

水面流速(秒公尺)	河床質粒徑变幅(公厘)	主要組成的粒徑(公厘)	備註
>2.00	0.16 ~ 0.32	0.25	
1.00 ~ 2.00	0.14 ~ 0.29	0.20	
<1.00	0.022 ~ 0.24	0.15 ~ 0.20	

根据上表的数据，可以粗略地看到水面流速与河床質粒徑存在着一定的关系，即水面流速大，粒徑大而变幅小；反之，則粒徑小而变幅大。

丙、單寬流量：由圖 11 及 13（見插頁）統計了以下数据：

沙市河段不同單寬流量部分的河床質粒徑統計表

單寬流量(秒公方/公尺)	河床質粒徑变幅(公厘)	主要組成的粒徑(公厘)	備註
>25	0.16 ~ 0.32	0.25	
25 ~ 20	0.12 ~ 0.32	0.20	
20 ~ 10	0.082 ~ 0.32	0.15 ~ 0.20	
10 ~ 5	0.022 ~ 0.26	0.20	
<5	0.042 ~ 0.24	0.15	

显然，單寬流量大，河床質粒徑較大而变幅小；單寬流量减小，則粒徑变幅增大而粒徑相应变小。單寬流量虽为水深与平均流速的函数，但在同一断面上，最大粒徑的河床質不一定出現在最大水深处，而常出現於流速最大的主流部分，这說明決定河床質粒徑大小的因素中，流速較水深的影響为大。

六、結語

通过以上初步分析，对荆江河床質組成的一般特性得到如下的認識：

1. 荆江主槽床面的河床質主要是由均勻的中砂（0.25~0.50 公厘）和細砂（0.10~0.25 公厘）所組成，粒徑小於 0.1 公厘和大於 0.5 公厘的泥沙含量很少。在全部 49 个砂样中，它們的最大含量以 0.10~0.20 公厘粒徑組的出現次數为最多，达 36 次。上荆江的河床質一般較下荆江为粗，上荆江河床質的組成內中砂（0.25~0.5 公厘）的含量多於下荆江；下荆江主要是由細砂（0.1~0.2 公厘）所組成。在粒徑的沿程变化方面，上荆江是向下游逐漸变小，並且起伏大，下荆江一般变化不大，起伏小。

2. 荆江河床質的成分是多样的，其中以石英和長石的含量佔主要部分，据肉眼鑑定，前者約佔 77%，后者仅 7%，在河床質中並含有一定数量（5~10%）的磁性礦物質，如鉄砂等，因此，它們的比

重有时大於2.7。砂粒的形狀，沿程沒有显著的变化，一般具有尖銳的稜角，在水流挟运的过程中很少磨損。

3. 冲积河流的河床質組成是由几种水力因素所決定，它們之間的关系是錯綜复杂的。根据荆江現有的資料初步分析，發現比降与河床質的关系較密切，同流量和水深也有一些关系，但不明显。此中原因可能由於荆江流量与水深变幅較大，而河床質主要組成的顆粒变化一般在中、細砂(0.1~0.5公厘)的範圍以內，粒徑变幅不大，任何一种水力因素發生了变化，对它們都有影响，因此規律就不显著了。

4. 沙市河段河床質組成的局部变化有以下的一些現象：(1)河段內的深槽中，水越深，它的河床質粒徑越大，而变幅小，若將河段內粗粒上下連成一綫，大致与本段深泓綫相符合；淺灘部分洲头洲頂的河床質粒徑大而变幅小，洲頂以下粒徑小，而变幅大。(2)水面流速大，則河床質粒徑大而变幅小；反之，則粒徑小而变幅大。(3)單寬流量大，則河床質粒徑大而变幅小；反之，則粒徑小而变幅大。

参 考 文 献

- [1] Shōtirō Hayami (1941): On the Composition of the Red Sediments in the Lower Yangtze River System.
- [2] Lorenz. G. Straub (1935): Some Observation of sorting of Riversediments.
- [3] В. Д. Ломтадзе (1952): Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов (鵝鴻雁譯 1953: 砂土和粘土的物理力学性試驗法)。
- [4] 錢宁(1957): 關於“床沙質”和“冲瀉質”的概念說明。