

近代黄河三角洲的沉积特征*

李栓科

(中国科学院 地理研究所)
国家计划委员会

提 要: 本文论述了近代黄河三角洲沉积物的数量特征、粒度特征及其分布、结构与构造特征,认为: 1. 各期亚三角洲的淤积厚度、速率和陆地淤积率都与亚三角洲的建造历时及废止方式有关, 淤积厚度有其最大限度; 2. 沉积颗粒均细于0.25mm级, 粉砂粘土占优势, 无推移质段, $M_z(\phi)$ 值与 δ_1 成正比, 与 K_g 成反比; 3. 沉积构造与沉积水动力及颗粒大小有关, 沉积物的分布与结构反映了三角洲建造的基本特征。

主题词: 沉积物特征 黄河三角洲

黄河自1855年铜瓦厢决口改道入渤海以来, 历时120余年**, 在入海口形成东起支脉沟西至套儿河的巨大三角洲体, 面积达5932km²^[1]。黄河携带的泥沙约有3/5堆积陆上, 使三角洲向海迅速推进, 到1984年总造陆2535.15km², 平均造陆速率为23.30km²/a。大量泥沙的淤积还使河道快速老化, 决口改道频繁, 120余年间决口30余次, 改道9次, 形成10个亚三角洲舌状体。许多作者依据水文台站及河道地形等测量资料, 研究了水沙运行及河床演变等问题^[2-4]。但受测站位置及观测时间的限制, 对各期亚三角洲的淤积数量、分布结构等探讨甚少。本文作者先后在黄河三角洲地区布设了11条探坑剖面, 自挖探坑92个, 其中采样探坑56个, 共采样325块, 粒度分析153块。在对探坑剖面进行详细分期分层的基础上, 统计了各期亚三角洲的泥沙淤积量, 分析了沉积物的粒度特征及其分布、结构与构造特征。

一、1897年以来各期亚三角洲的淤积量***

(一) 探坑剖面的分期标志

黄河每次改道均使前期亚三角洲停止发育, 又使新时期亚三角洲顺相对低洼地建造^[2, 3]。行水初期, 前期地表迅速遭受改造, 高处遭侵蚀, 发育多种冲刷构造; 同时, 地表土壤与植

本文1989年1月6日收到, 7月18日收到修改稿。

* 本文属中国科学院地理研究所所长基金资助项目。工作中得到叶青超先生的亲切指导, 高善明、李元芳、黄云麟、师长兴等同志给予热情帮助, 蔡珠兰同志完成粒度分析, 在此深表谢意。

** 扣除1938—1947年的9年河竭。

*** 野外工作期间, 由于地下水位较高, 1855—1889年及1889—1897年的两期淤积物多被浸扰, 呈流砂状, 难以确定二者的分界, 因此, 本文只涉及1897年以来的8期亚三角洲淤积。

物被泥沙覆盖成为埋藏土及剖面中所见的植物残体,某些暴露构造也可能因淤积而保存。因此,可根据沉积层的物理形态(冲刷构造与暴露构造)、所含古土壤及植物残体进行黄河三角洲的分期。分期标志列于表1。沉积层中偶而发现的历史文物(古书文简、古钱币、装饰品、古建遗迹等),也可作为分期的间接标志。

值得注意的是,流路期间河道摆动也可出现类似的形迹,只是后者无论是尺度还是分布范围都不及前者,在剖面中容易分辨(见表1)。

表1 沉积剖面中亚三角洲分期的标志

The symbols for distinguishing deposits of every sub-deltaic

分 期 标 志		决 口 改 道	河 道 摆 动
古 土 壤	颜 色	棕褐、棕黄	灰黄到浅棕
	结 构	团粒结构,层次分明	同母质层,无层次
	植 物 遗 迹	有明显的腐殖质层	无腐殖质层
	厚 度	20—50cm	0.5—5 cm
	CaCO ₃ 移动	小钙核及白色粉末	不明显
植 物 残 体	数 量	多,主要是荆条及黄须菜	少
	根 系 深 度	5—10cm	<5 cm
冲 刷 形 态	冲 刷 面	连续片状,广布流路区域	断续线状,仅限近岸区
	构 造	冲刷坑、泥球、冲刷冲淤构造	滑塌及滑落构造
	冲 刷 深 度	大,一般在10cm左右	小,一般<5 cm
干 裂 痕	形 态	V形,保存较好	不明显
	深 度	>5 cm	<2cm
	后 期 充 填	界限分明	界限不明显
历 史 文 物	古书文简及其它	偶有发现,应仔细考证	很少发现

(二) 各期淤积的统计原理

采取以上标志将探坑剖面中各期淤积物分开,量测各坑中某期的厚度 a_1, a_2, \dots, a_n , ($1, 2, \dots, n$ 为探坑序号)。然后求此期的平均淤积厚度 a_0 , ($a_0 = a_1 + a_2 + \dots + a_n / n$)。每期亚三角洲的沉积均受前期地形的影响^[2],各部分淤积厚度相差较大,所以 a_0 值与实际淤积状况不尽相符。为此,采用面积分割法,即把剖面中同期淤积厚度相近者划为同一区 K ($1 \leq K \leq n$), K 区的淤积厚度 b_i 以下式计算:

$$b_i = a_1 + a_2 + \dots + a_n / i, \quad (i \text{ 为 } K \text{ 区内剖面数, } 1 \leq i \leq n)$$

再以各区的面积 S_k 作为权数,按下式求出该期亚三角洲的淤积厚度 a_n :

$$a_n = \frac{S_1 b_1 + S_2 b_2 + \dots + S_k b_k}{S_1 + S_2 + \dots + S_k}, \quad (S_1, S_2, \dots, S_k \text{ 为各区面积})$$

亚三角洲的淤积面积: $S = S_1 + S_2 + \dots + S_k$

亚三角洲的淤积体积: $V = S_1 b_1 + S_2 b_2 + \dots + S_k b_k$

亚三角洲的淤积重量: $W = fV$, f 为泥沙干容重, 本文取 $f = 15 \times 10^8 \text{ t/km}^3$ 。

(三) 1987年以来各期亚三角洲的淤积量

依上述方法, 作者统计了1897年以来各期亚三角洲的淤积量(表2), 有如下规律:

表 2 1897年以来各期亚三角洲的淤积特征

The sedimentary quality of every sub-deltaic since 1897

特征值 特征量 时代	平均 淤积 厚度 (m)	实际 行水 时间 (a)	年平均 淤积厚 (m/a)	淤积 面积 (km^2)	淤积 体积 (km^3)	淤积 重量 ($\times 10^8 \text{ t}$)	总来 沙量 ($\times 10^8 \text{ t}$)	陆地 淤积 百分比 (%)	年平均 淤积量 ($\times 10^8 \text{ t/a}$)	纯造陆 面积 (km^2)	平均造 陆速率 (km^2/a)
1897—1904	1.47	7	0.21	541.2	0.825	12.38	78.4	15.79	1.77	40	5.7
1904—1926	2.42	22	0.11	987.5	2.491	37.37	246.4	15.17	1.70	356.8	16.2
1926—1929	1.17	3	0.39	834.0	1.011	15.16	33.6	45.12	5.05	124.8	41.6
1929—1934	1.24	5	0.25	897.8	1.142	17.13	56.0	30.59	3.43	164.8	33.0
1934—1953	1.44	10	0.14	1094.2	1.623	24.34	112.0	21.13	3.27	340.8	34.1
1953—1963	1.47	11	0.13	652.1	0.974	14.61	123.2	11.86	1.33	383.2	34.8
1964—1976	1.42	12	0.11	1021.0	1.676	25.13	143.0	17.58	2.01	364.8	29.2
1976—1984	1.23	8	0.15	517	0.649	9.93	75.54	13.15	1.24	33.7	4.2

注: 1. 1964年以来的来沙量是利津站的实测资料。

2. 1964—1976年及1976—1984年平均淤积厚以野外探坑剖面量测为基础, 并参照了有关断面资料插补。

3. 淤积量按干容重 $15 \times 10^8 \text{ t/km}^3$ 计算。

4. 1976—1984指目前尚在发育的清水沟期亚三角洲。

1. 发育完整的亚三角洲, 陆地淤积占来沙总量的10—20%, 而人工扒口终止的两期亚三角洲都大于此值(图1)。例如, 1897—1904年及1904—1926年的两期亚三角洲, 都是河道发展到老年自然决口改道而终止发展的, 亚三角洲经历了完整的沉积建造过程。1953年以来的三次改道虽都是人工所致, 但河道及亚三角洲建造都已进入晚期, 保持了亚三角洲沉积的完整性。而1926—1929年及1929—1934年人工扒口终止的两期亚三角洲, 泥沙大量堆积陆域, 尚未能充分扩展陆地延伸河道, 陆地淤积量的比率较高, 分别为45.12%及30.59%。1934—1953年的亚三角洲, 其间虽有9年河竭, 但1947年河归山东后仍行故道, 泥沙继续在1934—1938年的堆积体上淤积, 到1953年亚三角洲及河道均已进入晚期, 也可视为发育完整的

亚三角洲,其陆地淤积量占总来沙的21.13%。以上现象说明,改道之初泥沙主要堆积陆域低洼地,随着陆域的淤平加高,河道向外延伸,泥沙向海域输送,从而使发育不完整的亚三角洲陆地淤积率远高于发育完整者,钓口河^[4]、神仙沟^[2]的实测资料也证实这一点。

2. 亚三角洲的淤积厚度多在1.2-1.5m。发育完整或人工终止的亚三角洲,地表淤高主要在行水初期,随后大部分泥沙在口门区建造各种沙体^[2],河床及三角洲洲面不再明显加积,可见亚三角洲的淤高是有限度的。

3. 每期亚三角洲淤积面积越大,流路越稳定,亚三角洲建造历时亦越长。能量熵原理指出,运动物体力求最大限度地降低其能态,以增强系统的稳定性,亚三角洲淤积范围越广,接受河流能耗的区域越大,单位面积上的能耗也越小,亚三角洲系统也就越稳定。

4. 发育完整的亚三角洲,年平均淤积量厚度0.11—0.15m,最大的1897—1904年为0.21m/a,而人工终止的两期亚三角洲高达0.25m/a及0.39m/a,这与上述陆地淤积率及平均淤积厚度的结论是一致的。

5. 清水沟期亚三角洲建造已进入晚期^[2,3],淤积厚度、淤积速率及陆地淤积率都已接近发育完整的亚三角洲的平均值,洲面不再加高,河长也保持基本稳定(图2)。

二、三角洲淤积物的粒度特征

用日本产的RS-1000 CONTROL UNIT 粒度分析仪,分析了部分样品,将0.125mm以下的颗粒划分了12级,借助PC-1500电子计算机及其绘图附件对数据进行处理,求得各种粒度参数值*,并绘制了全部样品的概率累积曲线图及部分样品的频率曲线图,对概率累积曲线分段进行拟合,求出悬移质段及跃移质段的拟合方程,并以各方程的斜率作为各段颗粒的分选指数,斜率越大,分选越好。

黄河三角洲沉积物的粒度有如下特征:

* 粒度参数值的计算公式:平均粒径: $M_z(\phi) = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$; 分选系数: $\delta_1 = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_5) / 6.6$; 偏度系数: $S_{K1} = (\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2(\phi_{84} - \phi_{16}) + (\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2(\phi_{95} - \phi_5)$; 尖度系数: $K_g = \phi_{95} - \phi_{52.44}(\phi_{75} - \phi_{25})$

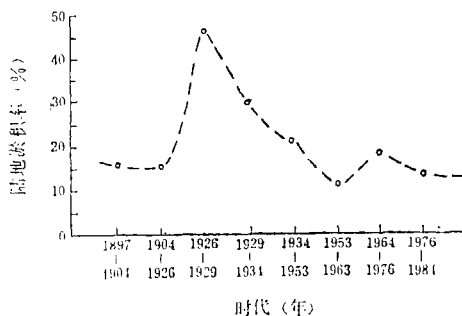


图1 1897年以来各期亚三角洲陆地淤积量百分率

Percentage of sub-deltaic deposits in the deltaic plains since 1897

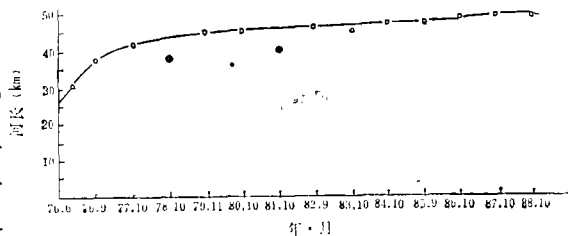


图2 清水沟西河口以下河长变化

(据孙学良等1986年资料及卫星图像量测数据编绘)

Change of the river length from Xihekou to the river mouth of the Yellow River

1. 粒径均小于0.25mm, 平均粒径介于4.35—10.45 ϕ 之间, 即最粗颗粒是细砂, 粉砂和粘土占绝对优势。但在不同的地貌部位, 颗粒组成有明显差异。主河床极细砂高达60—85%; 汉道沉积中, 极细砂和粗粉砂在70%以上; 天然堤物质约80%是粗粉砂和极细砂; 河漫滩沉积颗粒中, 粗粉砂约50%, 细粉砂与胶粒各占20%左右; 滞水洼地胶粒占50%以上, 次为粘粒, 占20—30%; 口门沙体胶粘粒占明显优势, 约为55—60%; 潮坪带粉砂居多, 约65%, 次为胶粘粒, 占30%左右。细砂仅在主河床沉积物中出现, 极细砂沉积于主河床、汉道及天然堤等部位。

2. 悬移质与跃移质的分界点大都在4.2—7.0 ϕ 之间, 仅滞水环境在7.0 ϕ 以上, 主河床沉积的少数样品在4.2 ϕ 以下, 最小可达3.8 ϕ , 这说明黄河所能悬浮的最粗颗粒常为4.2 ϕ , 最粗可达3.8 ϕ 。这一数据与国内其它三角洲相比明显偏大(即偏细), 如长江为3.5 ϕ ^[6], 珠江为3.0 ϕ ^[6]。悬移质的粒径与水流挟沙力有关, 黄河三角洲地区洲面、河床及河面比降小^[3]多年平均来沙量又明显偏大, 达25.2kg/m³, 为长江0.51kg/m³的50倍、珠江0.28kg/m³的90倍, 而水量仅为长江的1/20、珠江的1/7, 这种水少沙多比降小的特点, 导致河流挟沙力的下降, 使悬浮颗粒变细。

3. 黄河三角洲淤积物无推移质段, 这与物质来源有关。据研究^[7], 黄河泥沙约有70%来自黄土地区, 黄土物质粉砂占绝对优势, 砂组份较少, 且进入黄河后多沿程堆积在下游河道, 进入河口地区, 仅剩与河流挟沙力相适应的粉细砂和粘土。这与长江^[5]、珠江^[8]的情形不同。

4. 表层沉积物由三角洲顶点到边缘 随着水动力的减弱, 逐渐变细, 这一规律在河漫滩、主河床、天然堤等地貌部位都存在。如1904—1926年黄河三角洲淤积物, 随着离开顶点越远, 平均粒径 ϕ 值增大, 即沉积颗粒变细(图3)。

5. 同期三角洲淤积物, 横向上自主河床(汉道)—天然堤—河漫滩—滞水洼地, 沉积颗粒明显变细, 主河床沉积物平均粒径都在5 ϕ 或5.5 ϕ 以内, 汉道物质5 $\phi < M_z < 6\phi$; 天然堤沉积5.6 $\phi < M_z < 6.4\phi$, 河漫滩物质介于6.0—8.5 ϕ 之间, 滞水洼地 $M_z > 8.5\phi$ 。

6. 粒度参数值之间的相关性: 各种粒度参数值都是从不同角度刻划沉积物的颗粒组成与分配, 它们之间必然有一定的内在联系。在黄河三角洲沉积物中, 这种联系突出地表现为 $M_z(\phi)$ 与 δ_1 的正相关及 $M_z(\phi)$ 与 K_g 的负相关(图4-a, b)。平均粒径 $M_z(\phi)$ 值越大, 颗粒越细; 分选系数 δ_1 值越大, 物质分选越差; 尖度系数 K_g 是描述颗粒分配曲线峰态的参数 K_g 值越大, 峰态越窄, $K_g = 1$ 为正态曲线。图4-a中, $M_z(\phi)$ 值越大, δ_1 值也越大, 表示物质的分选程度随颗粒的变细而降低; 此外, 随着 $M_z(\phi)$ 值的增大, δ_1 的变化范围渐宽, 点在图上更分散, 即 δ_1 有随 $M_z(\phi)$ 值的增大而发散的 trend。

图4-b中 $M_z(\phi)$ 值与 K_g 值负相关, 即沉积物越粗, 峰区越窄, 颗粒分配越集中; 沉

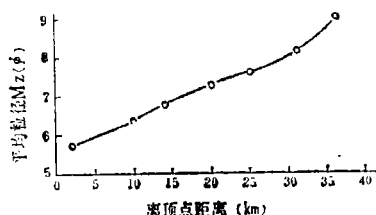


图3 $M_z(\phi)$ 值随离顶点距离的变化

The relations between $M_z(\phi)$ and distance from deltaic top to the sedimentary seat

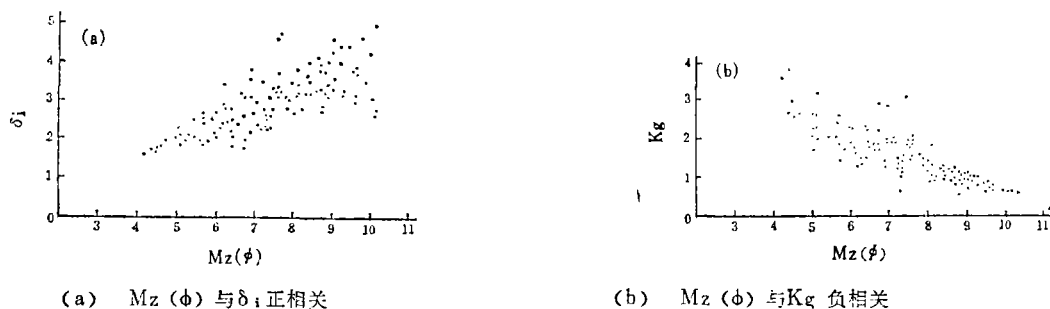


图 4 粒度参数的相互关系

The relationships among the grain size paraments (a) The relations between $M_z(\phi)$ and δ_1 (b) The relations between $M_z(\phi)$ and K_g

积物越细, 峰区越宽平, 颗粒越分散; 此外, 还存在 K_g 值随 $M_z(\phi)$ 值的减小而发散的现象。

偏度系数 S_{k1} 与 $M_z(\phi)$ 、 δ_1 及 K_g 无明显相关。

上述粒度参数特征与黄河高含沙水体的挟沙与沉积特性有关。黄河水体挟带的细粉砂、胶粘粒等细粒物质常以混浊液或胶体溶液的方式悬浮搬运; 高含沙水体具有正常水流与浊流两种沉积特性。正常水流挟带的泥沙在重力作用下沉降, 颗粒越粗, 分选越好, 峰态偏向粗端, 峰区窄高, 也即 $M_z(\phi)$ 值与 δ_1 成正比, 与 K_g 和 S_{k1} 成反比, 而 δ_1 与 K_g 和 S_{k1} 成反比, K_g 和 S_{k1} 成正比, 长江^[5]和珠江^[6]三角洲就属这种情况。浊流沉积时紊流扰动起主要作用, 水体携带的粗细颗粒同时沉降, 从而降低了粗颗粒的分选程度, 使峰态向细端移动, 峰区也变宽平。这是造成 S_{k1} 与其它粒度参数相关性不强、 δ_1 随 $M_z(\phi)$ 值增大而发散以及 K_g 随 $M_z(\phi)$ 值减小而发散的主要原因, 也是黄河三角洲独有的粒度特征。

三、三角洲沉积物的分布、结构与构造特征

(一) 三角洲沉积物的分布特征

黄河近代三角洲沉积物在地区分布上很不均匀, 目前陆上部分的淤积厚度大都在 2 m 以上 (图 5), 最厚淤积区在渔洼一薄嘴一带, 此乃三角洲新期顶点所在, 决口改道频繁。

图 5 是根据探坑剖面及有关钻孔剖面中海相层或潮坪堆积物出现的深度作出的, 因而在一定程度上反映了原始海域的起伏状况。在黄河三角洲地区, 识别潮坪堆积物的主要标志有: 生物化石 (贝壳等)、腥臭的黑色淤泥层以及沉积层中潮坪带特有的沉积构造 (最常见的是气泡构造) 等。气泡构造 (cavernous or vesicular structure) 主要发育于海滩上段及潮上带砂质沉积物的表面, 是潮水往复运动捕获空气而形成的, 它在沉积层中的出现指示潮坪堆积物的上限位置。

(二) 三角洲沉积体的结构特征

* 贵阳地球化学研究所第四纪组 1972 年资料及利津县、垦利县、沾化县、河口区部分土壤普查钻孔资料。

近代黄河三角洲沉积的结构在纵向、横向及垂向上都有显著的差异(见图6—9, 剖面及剖面线位置见图5)。

1. 纵向结构——向海域逐次推进

图6说明随着各亚三角洲体的交互叠置, 三角洲逐渐向海域推进, 1897年至今, 海岸线向外推进约22km。图中7、8、9、11四层堆积物分别是1934—1938、1947—1953、1953—1963、1976—现在四个亚三角洲淤积的。1897—1934及1938—1947年此海岸带无泥沙输入, 亚三角洲前缘遭受侵蚀改造, 在沿岸微弱余流的作用下, 发育了烂泥湾相的灰黑色淤泥, 平均粒径 9ϕ 左右, 中值粒径 0.00065mm 不等。1938—1947年海岸线侵蚀后退在4km以上。

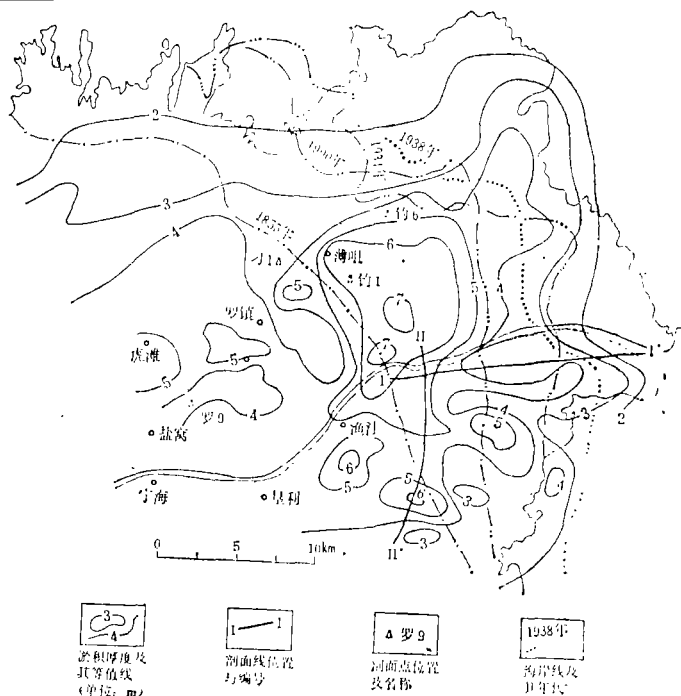


图5 近代黄河三角洲的淤积厚度

The drawing showing the sectional seat and sedimentary thickness in the Modern Yellow River Delta

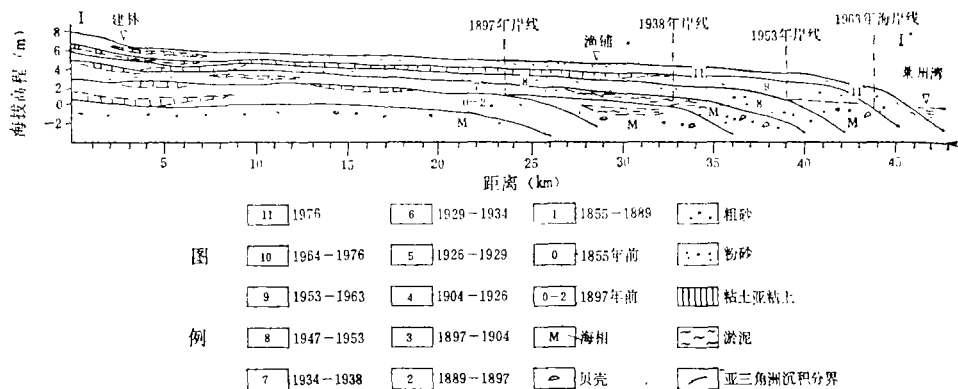


图6 黄河三角洲纵向沉积结构

Longitudinal section of the sedimentary construction in the Modern Yellow River Delta

2. 横向结构——指状交错

由于每期亚三角洲都是顺前期低洼地发育, 从而使三角洲体在横向上出现各期淤积物指状交错(图7)。亚三角洲体的轴部大都相对高起, 组成今日地表的岗状地形, 只有当三角

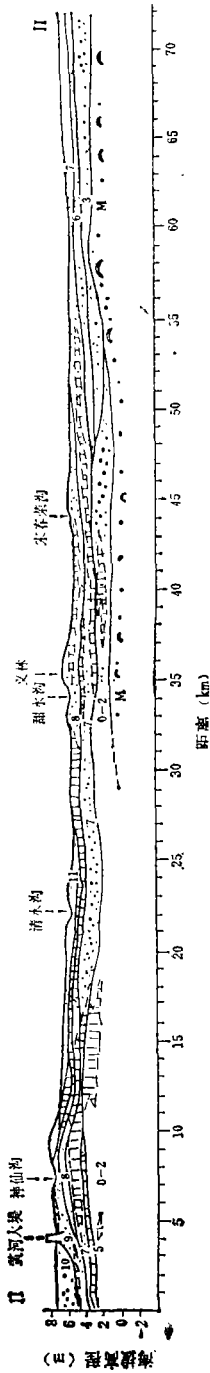


图 7 黄河三角洲横向沉积结构 (图例同图 6)
Cross section of the sedimentary construction in the modern Yellow River Delta

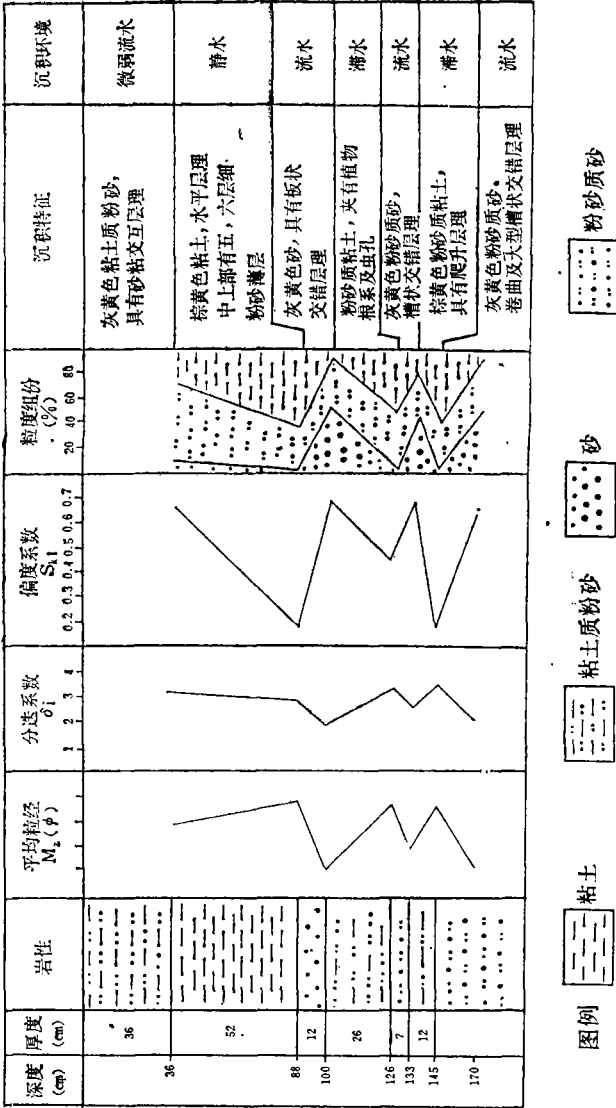


图 8 罗 9 剖面沉积物综合特征图
The sketch showing the synthetical characters of the sedimentary at section Lou-9.

洲面普遍加高而使轴部相对低下时，新期亚三角洲淤积物才掩覆前期之轴部。

图中分布最广的是1934—1938年的淤积物，它是顺着1926—1929年及1897—1904、1929—1934年三期亚三角洲淤积体之间的低洼地展布的，并掩覆了这三期淤积体的边缘，各期淤积物之间的交错现象清晰可见。

3. 垂向结构——多期多相叠置

成国栋等（1986年）对口门沉积的垂向结构划分为沙坝型及烂泥湾型两种序列，并对每一序列的各亚相进行了详细论述〔3〕。对三角洲平原区沉积序列尚无人研究，本文初步将其划分为汉道充填型和河漫滩型两种序列。

（1）汉道充填型沉积结构 改道初期众多的汉道，经合股并汉后大都被废弃，一些汉道在其后的漫滩水流淤积过程中消失；另一些汉道则保留较长时间，洪水漫滩时 尚能过水，逐渐淤积消失。沉积层包括流水与滞水两种环境（图8）。

图8中的罗9剖面位于八里庄北200m，坝头村南300m，汉道至今尚留低洼形态。图8表明，随着汉道的一次又一次过水充填，汉道河床逐渐加高淤平，洪水漫滩时过水能力减弱，沉积物不断变细。沉积环境中出现滞水与流水的多次交替。

（2）河漫滩型沉积结构 洪水漫滩既发育了天然堤又加高了滩面，并在滩面局部低洼地形成滞水环境（图9）。

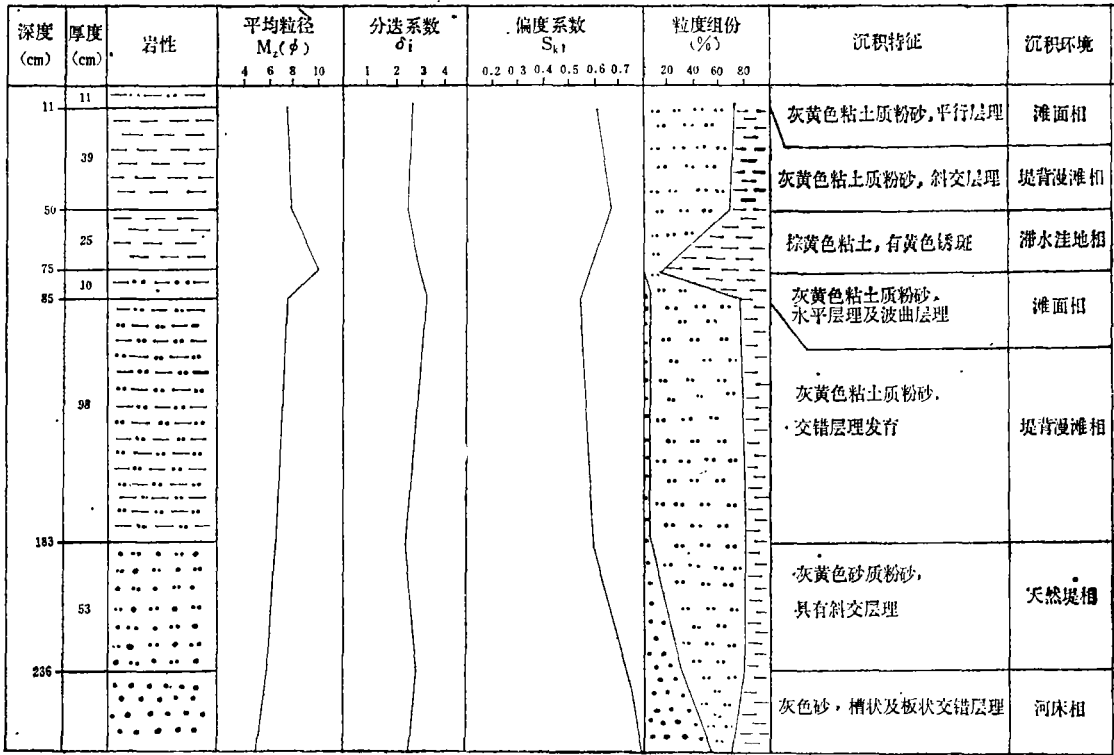


图 9 钓 6 剖面沉积物综合特征图（图例同图8）

The sketch showing the synthetical characteristics of the sediments at Section Diao-6.

图9中的钓6剖面位于军马场第17连40°SE 150m处,为钓口河的河漫滩。沉积环境出现如下变化:河床—天然堤—堤背漫滩—滩面—滞水洼地。

(三) 三角洲淤积物的沉积构造特征

沉积构造是—定水动力条件下,泥沙物质淤积方式的直接反映。在黄河三角洲沉积中,沉积构造类型及其组合与水流强弱及沉积颗粒粗细有关。

图10反映随着水动力由强到弱,黄河三角洲的层理组合依次出现如下变化:卷曲层理—大型槽状交错层理—大型板状交错层理—槽状交错层理—板状交错层理—平行层理—爬升层理—波曲层理—砂泥互层水平层理,其中,卷曲层理是行水初期高密度水流沉积的,沉积物分选差,大型槽状及板状交错层理,层系厚度均超过10cm,都反映较强的水动力环境,只是前者是不规则沙波或波痕移动形成的,而后者则是规则沙波或波痕形成的;槽状及板状交错层理,层系厚度在10cm以下,成因与大型槽状及板状交错层理相似,只是沉积时水动力较弱河流水体比较稳定;平行层理与爬升层理的纹层都较薄,是低流态水流形成的;波曲层理与砂泥互层水平层理反映水动力更弱,是大量悬移质落淤形成的,在黄河三角洲沉积层中较普遍。

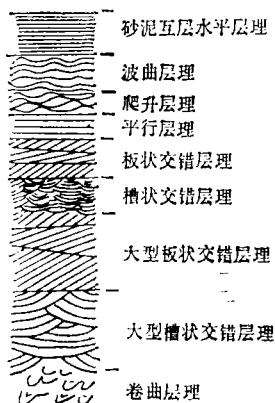


图 10 黄河三角洲沉积构造综合柱状图
The model of the sedimentary structure
in the Modern Yellow River Delta

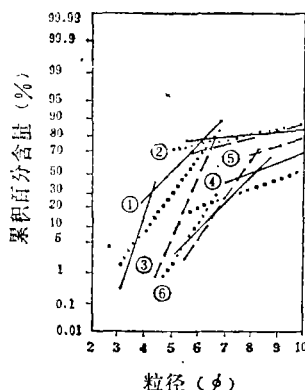


图 11 刁1剖面沉积构造与颗粒分配
① 卷曲层理, ② 槽状交错层理, ③ 板状交错
层理, ④ 爬升层理, ⑥ 波曲层理, ⑤ 平行层理
The relations between sedimentary structure
and grain-size distribution at section Diao-1

图11表示沉积构造与颗粒分配的关系。图中刁1探坑位于罗镇东北2km, 钓口河大堤东侧100m。图11反映,由卷曲层理到波曲层理,跃移质含量逐渐减小,悬移质则增加。卷曲层理跃移质约占80%,混合区较宽,反映沉积时水流强烈不稳;槽状交错层理跃移质含量高于板状交错层理,分别为74%和70%,但后者跃移质分选程度略好些;平行层理与爬升层理跃移质含量分别为60%及50%;波曲层理跃移质仅占25%左右。图11所反映的沉积水动力与图10的结论一致。

参 考 文 献

- (1) 成国栋等: 现代黄河三角洲河道演变与垂向序列, 海洋地质与第四纪地质, 6 (2), 1986年。
- (2) 成国栋: 现代黄河三角洲的演化与结构, 海洋地质与第四纪地质, 第七卷增刊, 1987年。
- (3) 叶青超: 黄河三角洲地貌结构与发育模式, 地理学报, 37 (4), 1982年。
- (4) 任于灿等: 现代黄河故道—钓口流路的河口演化和沉积作用, 第七卷增刊, 1987年。
- (5) 严钦尚等: 长江三角洲现代沉积研究, 华东师范大学出版社, 1987年。
- (6) 黄镇国等: 珠江三角洲形成发育演变, 科普出版社广州分社, 1982年。
- (7) 陈永宗等: 黄河粗泥沙来源及侵蚀产沙机理研究文集, 气象出版社, 1989年。

SEDIMENTARY CHARACTERISTICS IN THE MODERN YELLOW RIVER DELTA

Li Shuanke

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State Planning
Commission of the People's Republic of China)

Subject terms: Sedimentary characteristics, Yellow River Delta

Abstract

This article studies the quantity, grain size, and distribution characteristics of the deltaic sedimentary, also sedimentary structure and construction of the delta. The following conclusions are obtained.

(1) In every sub-deltaic construction, the thickness, velocity and land sedimentary ration are in relation to their living time and abandoned pattern. There is a maximum in every sub-deltaic sedimentary.

(2) The coarsest grained-grad is 0.25mm, and principal composition is salt sand and clay. There is nonrolling components of sedimentary.

(3) The sedimentary structures are in relation to the hydrodynamics and grain size of sediments. The distribution and construction of the deltaic sedimentary is a reflection of the characters of the deltaic development.