

野外地质实习指导丛书



山东地区 现代沉积考察指导书

● 王冠民 编著

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

山东地区现代沉积考察指导书/王冠民编著. —东营:
中国石油大学出版社, 2009. 6
(野外地质实习指导丛书)
ISBN 978-7-5636-2859-9

I. 山… II. 王… III. 沉积物—考察—山东省—高等学校—教学参考资料 IV. P588.292.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 103449 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 山东地区现代沉积考察指导书
作 者: 王冠民

责任编辑: 隋 芳(电话 0532—86981531)
封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)
网 址: <http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com
印 刷 者: 青岛锦华信包装有限公司
发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)
开 本: 185×260 印张: 6.75 字数: 165 千字
版 次: 2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
定 价: 10.00 元

前言

foreword

人们对沉积现象的考察从 18 世纪中期甚至更早的时候就已经开始了。经过 200 多年的发展,沉积学历经理论到实践的往复验证和归纳,至今已成为一门具有完整体系的地学学科。

在沉积学的发展过程中,人们一直非常重视现代地表沉积现象和沉积过程的研究,重视地表露头对古沉积环境的反映,“将今论古”一直是沉积学研究的基本思路和方法。由于沉积学涉及的内容非常广泛,涵盖了物理学、化学、生物学、大气学、海洋学、湖泊学、冰川学、生态学、天文学等学科,很容易造成初学者茫无头绪、混沌一片的状态。解决这一问题最好的办法就是进行大量野外沉积现象和沉积过程的考察,建立起直观的感性认识,并从中学会分析沉积现象、研究沉积规律的基本方法。

为了帮助初学者更快地建立起沉积学的基本概念,掌握基础理论,我们在多年野外沉积考察的基础上归纳整理,并参阅和借鉴了前人大量的研究成果,编写成本书。

本书介绍了山东省内几个主要沉积考察路线和重点考察内容,在沉积类型上包括了河流、三角洲、湖泊、滨湖浅滩、潮滩、有障壁海岸、无障壁海岸等,对省内最大、沉积现象最丰富的沉积区——黄河三角洲——沉积现象的观察描述是本书的重点。

钟建华、董春梅、邱隆伟、袁静、肖尚斌、赵勇生、马玉新等老师先后组织和进行了大量的野外考察,高亮、廖黔渝等研究生对本书的完善付出了艰辛的劳动。本书在成书过程中参阅和引用了姜在兴、钟建华、赵澄林、季汉成、崔承琦等人的部分研究成果,在此深表谢意。

陈世悦教授在百忙之中对本书进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

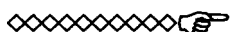
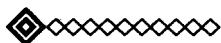
当然,山东省内的沉积考察路线不胜枚举,本书也是挂一漏万,加之作者水平有限,不当之处敬请读者批评指正。

作者

2009 年 1 月 6 日

目 录

第一章 黄河现代沉积考察	1
第一节 黄河流域背景简介	1
第二节 黄河下游现代沉积考察	2
第二章 三角洲沉积	35
第一节 黄河三角洲现代沉积	35
第二节 付疃河三角洲沉积特征	37
第三节 峡山水库三角洲沉积	40
第三章 无障壁高能海岸沉积	42
第一节 海岸动力学与海岸形态	42
第二节 日照无障壁海岸沉积	48
第三节 黄岛无障壁海岸沉积	52
第四章 黄河三角洲无障壁潮滩沉积	56
第一节 潮滩的发育背景及水动力特征	56
第二节 黄河三角洲潮滩的沉积特征	58
第三节 黄河三角洲潮滩上的贝壳沉积	69
第五章 有障壁海岸沉积	75
第一节 日照有障壁海岸沉积特征	75
第二节 黄岛区唐岛湾现代沉积	85
第三节 荣成天鹅湖现代沉积	86
第六章 胶莱盆地地层沉积路线考察	88
第一节 莱阳龙旺庄路线	88
第二节 莱阳柏林庄路线	93
第三节 莱阳辛格庄路线	95
第四节 莱阳将军顶路线	96
第五节 莱阳叶家庄路线	98
参考文献	100



第一章 黄河现代沉积考察

第一节 黄河流域背景简介

黄河是我国的第二长河,是中华民族的母亲河。它源于青海省巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,干流自西向东流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东九个省(自治区),全长 5 464 km,流域面积 752 443 km²,年径流量 574 亿 m³,平均径流深度 79 m,沿途汇集有湟水、洮河、清水河、汾河、渭河、沁河、洛河等 35 条主要支流,入海口位于山东省东营市垦利县河口镇境内。

黄河流域西起巴颜喀拉山,东邻渤海,北至阴山,南达秦岭,囊括了青藏高原、内蒙古高原、黄土高原及华北平原四个地貌单元。流域地势西高东低,大体上可分为三级阶梯:第一阶梯是流域西部的青海高原(青藏高原的东北部),平均海拔 3 000 m 以上,包括一系列西北—东南走向的山脉,山顶终年积雪,发育冰川地貌。岷山主峰阿尼玛卿山,海拔 6 282 m,为黄河流域最高峰。河源段河谷两岸由于地形平缓,排水不畅,形成大面积的沼泽,湖泊较多。第二阶梯大致以太行山为东界,海拔在 1 000 m 到 2 000 m 之间,囊括了河套平原、鄂尔多斯高原、黄土高原及汾渭盆地等地貌单元。其中贵德至孟津段是黄土高原地区,地形起伏不平,坡陡沟深,沟壑地面坡度 18°左右,沟谷面积约占 45%,沟道密度 3~5 km/km²,切割深度大于 100 m。由于黄土高原区植被保护很差,水土流失严重,因而黄河成为世界上含沙量最大的河流。第三阶梯自太行山、邙山东麓直抵渤海,包括黄河下游平原和鲁中低山丘陵地区。黄河下游平原是华北平原的一部分,海拔多在 100 m 以下,河道平坦,平均比降只有 0.12%,水流缓慢,大量泥沙在此段沉积,河床平均高出地面 4~5 m,使黄河成为闻名世界的“地上悬河”。

历史上,黄河上、中、下游的分界方法有很多,这里采用黄河水利委员会的划分方案:从源头到内蒙古自治区托克托县河口镇为上游,河长 3 472 km;从河口镇至河南郑州桃花峪为中游,河长 1 206 km;桃花峪以下为下游,河长 786 km。

黄河流域幅员辽阔,地形复杂,区内气候变化十分明显。从季风角度上看,兰州以上的黄河上游地区属于青藏高原季风区,其余地区为温带、亚热带季风区。从气候对农业的影响上看,流域西北部为干旱气候,中部为半干旱气候,东南部为湿润气候。该流域冬季偏北风盛行,气候严寒干燥,降水稀少;夏季温湿,降水多。由于地形复杂,高差悬殊,流域内的气候分布存在明显的地区差异。总的来说,流域东南部的年平均气温高于西北部,平原高于山地。根据多年平均气温统计,上游为 1~8℃,中游为 8~14℃,下游为 12~14℃。流域内的降水形式主要为降雨,降雪所占比例较小。年降水的总趋势为南多北少,东多西少,降水量由东南向西北递减。

从 1972 年起黄河经常出现断流,原因主要为:随着全球气候变暖情况的加剧,一方面河水的蒸发量增强,另一方面上游冰川的融化吸收了大量的热量,造成内陆局部地区气温低于往年,内陆和海洋间温差减小,季风减弱,使季风从海洋携带水汽的能力降低。由于全球变暖增

加的冰川融量不足以抵消蒸发量的增加和季风减弱的影响,因而黄河中下游的水量逐年递减。黄土高原地区植被破坏严重,缺少了植被保护的土壤逐步沙漠化,蒸发量变得更大,土地干燥使地下水吸收黄河流水的的能力增强。灌溉方式落后,黄河中上游流经地区多采用大水漫灌,水资源浪费严重。

近年来,由于采取了相应措施,退耕还林,改进灌溉技术,加之小浪底水库对水资源的合理调配等,在一定程度上遏制了黄河断流的发生。

第二节 黄河下游现代沉积考察

黄河下游的现代沉积现象在黄河三角洲河道中(图 1-1)最为丰富和典型。设计考察内容:边滩、心滩的形成背景、特征、水动力状况;低能条件下的河道沉积和泛滥沉积特征;河水频繁升降条件下河流单元的垂向加积特征;丰富的垂向和平面沉积构造。

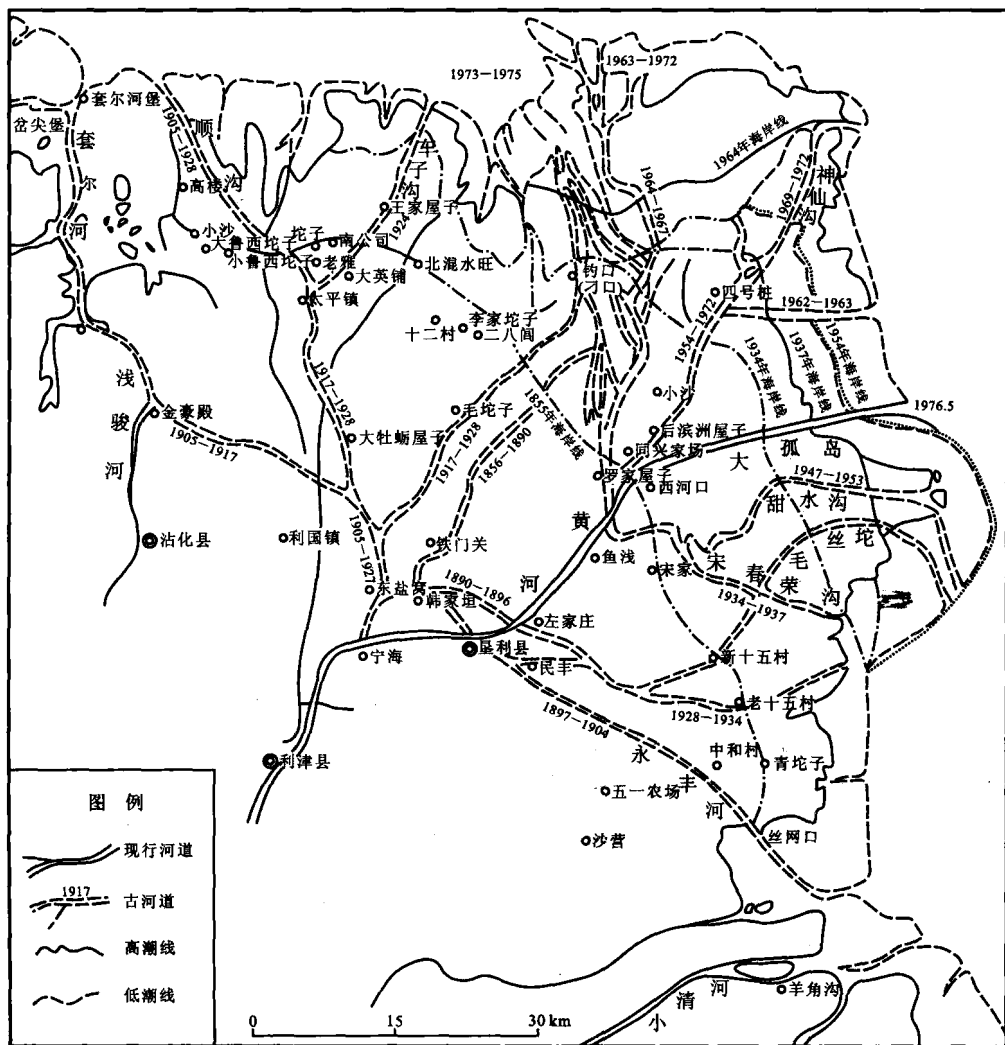
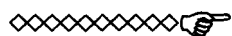
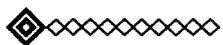


图 1-1 黄河三角洲古河道分布图(据姜在兴等,1994)



实际考察内容主要分为三大部分。

一、黄河河道的沉积动力特征

黄河河道及两侧细粒物质的搬运与沉积动力学比较复杂,主控因素有河水、风、冰和潮水等,而且这些不同的沉积动力还相互影响、相互作用。

(一) 河水

由于受上游降水的影响,黄河主河道水位经常出现频繁的涨落,不同水位的沉积过程有较大区别。黄河水主要靠雨水补给,黄河径流量和输沙量随季节的变化很大,黄河流域7~9月份降水量占全年的80%,输沙量占全年的70%~80%,而这么多的泥沙往往又集中在几次洪峰中搬运。袁姜在兴等(1994)曾把黄河河水分成高水位、中等水位和低水位三种情况,不同水位期的沉积特征具有明显的差异。

1. 高水位河水

高水位河水发生在主汛期或洪水期,水位漫过河漫滩。据某水文站实测,自1966年7月18日开始58小时的一次洪峰,输沙量达 4.53×10^8 t,1977年7月和8月黄河下游两次洪峰输沙量高达 20.8×10^8 t。可见,高水位时期的流体具有密度高、粘度大、沉积快的事件性特点,这与普通的河流有着明显的不同。

这种短期内的事件性沉积直接表现为块状层理的粉砂和泥质沉积层及分布较广、厚度较稳定的黄色软泥层。在黄河胜利大桥附近曾发现一次沉积的混杂层厚50~70 cm,其中可见立生的庄稼,是被就地快速埋藏的标志。黄色软泥层则发育于边滩上,平均厚7~8 cm,最厚达30 cm,在横向上可追索几千米。这种垂向变化代表洪峰来临时所携带的粉砂与泥质混合沉积形成块状混杂层。洪峰过后在水位相对不变或缓慢下降的情况下水体相对安定,在此阶段呈均匀悬浮状态的泥质质点便缓慢沉降下来,形成特征明显的黄色软泥层,可显水平层理。

黄河三角洲地区的河道弯曲,凹岸不断接受侵蚀、凸岸不断接受沉积是河道螺旋式水流作用的结果。值得注意的是,这种凹岸的侵蚀和凸岸的沉积主要是在洪水期完成的,沉积物质在从上游向下游的搬运过程中大多是连续的,处于边滩上的沉积物还可继续被流水搬向下一个边滩,逐渐向下游移动。

2. 中等水位河水

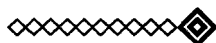
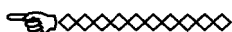
在中等水位河水期,边滩与心滩部分出露,黄河的大部分行水期都属于这种情况。中等水位期的水流相对比较稳定,水体中所含的泥沙量较洪水期大幅度降低。

在该阶段,一个重要现象是河水往往具有明显的下切侵蚀作用,尤其是在黄河大桥附近和以下河段。河流可对洪水期的边滩、心滩和河道沉积产生明显的下切和侧向侵蚀作用,使得河道中产生许多陡坎。这种下切作用可看作是对洪水期超量沉积的一种改造和修正,应该与平水期河水含沙量降低而洪水期河道、心滩与边滩的过量沉积造成地势增高有关。河道的侧向侵蚀也比较常见,主要见于河道的侧向迁移和改道过程中。

整体来讲,在河道的中等水位期,沉积作用与侵蚀作用往往处于一种平衡状态,沉积作用较洪水期弱得多。

3. 低水位河水

黄河每年都有低水位甚至枯水期,此时水流速度小、携带的泥沙等沉积物质很少。因河水的能量低,侵蚀作用不发育,在主流线、流槽等低洼处可残留一些积水,悬浮物质逐渐沉降下来,形成分布不广的黄色软泥层。此期大片沉积物暴露于空气中,产生各种暴露成因的构造和



某些准同生变形构造。

4. 涨落水流

观察表明,黄河水位变化快、变化大,有时一天之内、数日之内即可见水位有明显的涨落,在河滩上留下清晰的记录。水涨得较高后河滩被淹,河水中携带的悬浮物质沉积形成薄层黄色纹层状软泥;退水后河滩出露,但波痕的波谷及冲坑中仍残留着部分积水,其中的悬浮物质缓慢沉积,形成断续或脉状黄色软泥。这种一厚一薄的软泥层代表河水涨落的一个周期,与潮坪沉积的“双粘土层”相似(姜在兴等,1994)。

5. 反向水流

姜在兴等(1988)曾描述了黄河河道中与正常流向相反的反向水流:在黄河下游河道弯曲处,凹岸、凸岸明显。当主流线紧贴凹岸时,侵蚀强烈,无反向水流;当主流线偏离凹岸时,水流分离,并对凹岸中的弧状水体产生剪切,导致凹岸中的水流形成竖轴,在凹岸一侧朝上游方向流动,形成反向水流。

针对凹岸处反向水流的另一种解释为,在凹岸主流线处流速最大,因此沿主流线可产生一个指向凹岸的切向力,这种切向力在主流线靠凹岸的一侧形成一个个小涡流,构成涡流带,在凹岸处就形成了反向水流。

另外,黄河河道的宽度也时有变化,在突然展宽处,原来贴近固体边界(两岸)的水流分离,在分离点以下形成无所依附的顺流带,顺流带的两侧形成两个平面环流,近岸一侧为反向水流。

反向水流多见于汛期。

反向水流流速一般较小,所以侵蚀和搬运床沙载荷的能力弱,但搬运和沉积悬浮载荷的能力仍然存在。黄河是世界上泥沙(以悬浮载荷为主)携带量最大的河流,因此反向水流的搬运和沉积作用不能忽视。

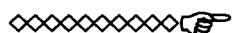
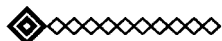
洪水期在凹岸和凸岸均可形成反向水流。凹岸中的反向水流除了把凹岸垮塌下来的泥砾间孔隙填满外,还可以向上堆积,建成沙纹,形成上攀层理和斜层理,其细层向上游方向倾斜。因此,反向水流沉积的结果是趋向把凹岸填平,使河道取直。与凹岸相比,凸岸(边滩)上反向水流的作用相对弱些,主要形成波痕。波痕类型简单,为曲脊波痕,陡坡位于上游,缓坡位于下游。而正常水流形成的波痕类型丰富,除曲脊的以外,还有链状的、舌状的、新月形的和菱形的,且缓坡位于上游,陡坡位于下游。

6. 浪成水流

黄河下游河面较宽,流速减慢,水体较浅,风浪作用突出。据姜在兴等(1994)的描述,即使风力弱(3~4级)时,仍可看到风浪和浪成水流,此时风浪的波长可达20 cm,波高可达6 cm,每分钟作用于河岸的波浪数(频率)可达56个。风力增大,风浪的波长、波高和击岸频率都会随之增加。当风力5~6级时,波长200 cm,波高30 cm,击岸频率大于60个/min,并见浪花。

浪成水流对边滩的作用相对较弱,主要形成波痕。典型浪成波痕的峰脊尖锐,谷底圆滑,近似对称。波脊线连续性较好,平直或微弯分叉,波长一般不超过5 cm,波高1 cm左右,波脊走向与岸平行或斜交。

由于反射作用,不同方向的风成波浪可以在一起相互干涉,形成干涉波痕。浪成水流也可与正常水流发生叠加或者干涉,形成叠加或干涉波痕。浪成水流还可以作用在早期的波痕上,将早期的波痕改造成修饰波痕。浪成水流形成的波痕一般出现在河岸浅水地带,从河岸向河



中心,波痕类型出现有规律的组合变化:浪成波痕—以浪成波痕为主,与弱的流水波痕发生干涉或叠加—以流水波痕为主,有弱的浪成波痕干涉或叠加—流水波痕。各种波痕的具体特征详见沉积构造部分。

7. 裂流及“冲积扇”流

裂流是黄河河道中比较特殊的一种水流。据姜在兴等(1994)的描述,洪水过后河水水位下降,边滩凹槽中的水通过与岸边垂直的小冲沟流回河道,形成裂流,并在边滩上形成与正常水流方向垂直的小型裂流“三角洲”。裂流冲沟深度可达 30~40 cm,沉积物最粗,以较纯的粗粉砂为主,见舌状、新月形甚至菱形波痕,反映了流速大、能量高的水动力条件。裂流“三角洲”宽度数米,水流缓,形成曲脊不对称波痕,陡坡指向河道。

现今的黄河下游虽然历史较短,但已有阶地形成。当雨季来临或洪水退却时,向河道方向流的雨水或河水将在阶地陡坎下方冲蚀,堆积成若干微冲积扇,形成“冲积扇”流,其冲积扇以阶地为顶点,放射状的细流痕是这种水流沉积的特征。

(二) 风

黄河三角洲地域开阔、平坦、无屏障,又靠近渤海,不同强度的风对河床和泛滥沉积的细粒物质尤其是干燥的碎屑物质的搬运和沉积均可产生一定影响。在主河道上,风的作用可产生浪成水流,浪成水流可对边滩沉积物进行改造。河床和泛滥沉积形成的早期比较干燥的细碎屑物质则可因风力的作用形成风成沙沉积。

废弃河道在地形上稍高。在河道废弃以后,原河道及天然堤沉积在无植被覆盖的地区都暴露于风的改造之下,常形成风成沙丘。

受黄河沉积物的影响,上述风成沙沉积的粒度一般局限于细砂和粉砂,而且一般分布范围和规模较小,多限于河道或废弃河道附近。

(三) 冰

在冬季,黄河结冰对碎屑物质的搬运和沉积起到了极大的抑制作用,尽管有冰下的河水流动,但其沉积作用是比较微弱的。结冰可对早期的沉积物起到明显的改造作用并形成与之有关的沉积构造。

河冰对沉积物的影响主要发生在河冰融化过程中。当黄河中大量的冰凌流淌下来的时候,其巨大的推挤力可以对早期黄河河道中的沉积物强烈刨蚀、挖掘,对沉积物起到强烈的改造作用。不仅如此,由于冰凌的融化,其中所包含的碎屑物质可以各种形态堆积下来,形成冰融沉积和一些比较特别的沉积构造。

二、黄河河道及其两侧的现代沉积特征

理论上,黄河下游的河道包括正常河道和黄河三角洲分流河道两种类型。由于黄河中下游的地形比较低缓,所以,正常河道和三角洲分流河道在沉积特征上并没有明显的区别。由于人为因素和河流流量减少,因而河道的位置相对固定。现在,河道范围内主要表现为曲流河的特征,但由于泥沙负载量较大,河道中的心滩也比较常见。

(一) 河道的沉积

在黄河三角洲上,河床的纵比降较缓,淤积快,黄河决口、改道频繁,这些不断改道的河道构成了三角洲平原的骨架,黄河三角洲就是沿着不同时期的河道不断向前延伸和扩展的。现代三角洲主河道河宽 500~1 000 m,由于受人工大堤的约束,大堤内主要发育河床及河漫沉

1. 河底滞留沉积

A black and white photograph showing a muddy, eroded bank. The foreground is dominated by dark, wet soil with numerous exposed, tangled tree roots and some dry sticks or debris. The bank slopes down towards a body of water on the right side of the frame. The water surface is calm, reflecting the overcast sky. The overall scene suggests a natural, perhaps disturbed, shoreline environment.

整体来看,滞留沉积并不发育。由于黄河河水的泥沙负载量大,中下游泥沙的沉积量与搬运量整体上接近平衡,所以滞留沉积相对并不发育。

边滩地貌特征非常明显,呈半月形,长宽可达几百米至上千米(图 1-3)。在河水处于枯水期时,边滩的形态更加清楚。边滩具滩脊、凹槽、水下浅滩和裂流水道(图 1-4)。凹槽中的流水受地形影响有时与河水流动方向相反。另外,因受河水水位下降引起的冲刷侵蚀作用,边滩一侧常被侵蚀成陡坎和阶地地貌特征(图 1-5),陡坎可见滑塌现象,这在一般曲流河中是很少见的。

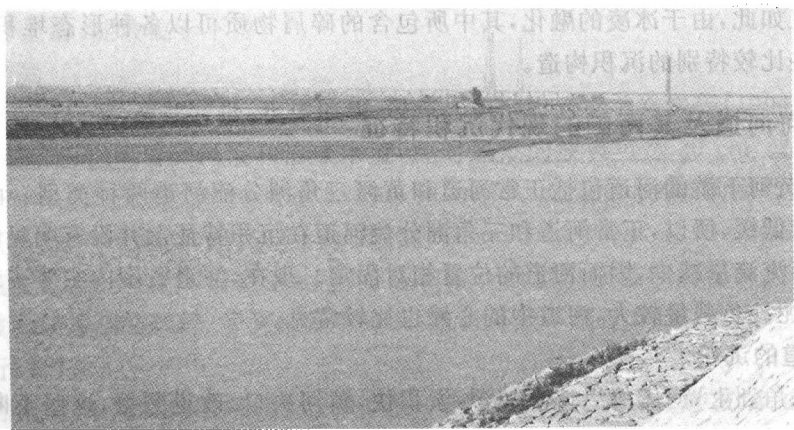


图 1-3 黄河狭长的边滩和边滩表面的串沟

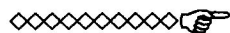
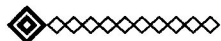


图 1-4 边滩中的裂流水道

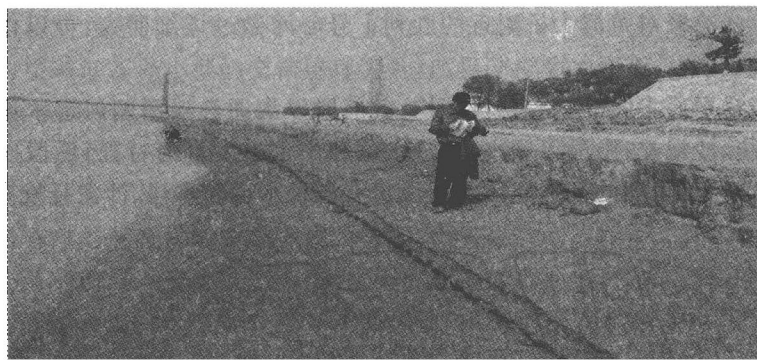


图 1-5 边滩的侵蚀陡坎和侵蚀水位痕

边滩的沉积物粒度较细,主要由粗粉砂夹粘土质粉砂组成,有时可含少量泥砾。边滩表面靠近顶部可见少量植被,动物痕迹和生物扰动很少。边滩表面波痕十分发育,类型众多,有流水波痕和浪成波痕、直脊波痕和曲脊波痕、波脊连续波痕和断续波痕、对称波痕和非对称波痕、单一成因波痕和复合成因波痕等。在边滩的顶部可见干涉波痕、修饰波痕或菱形波痕。边滩表面还发育有水位痕、泡沫痕及冰晶痕等,各种流痕也很发育。边滩内部层理类型繁多,上攀层理,小型槽状、板状和楔状交错层理,水平层理,块状层理,变形层理等都较为常见。

黄河边滩的形成仍然与河水的单向环流作用有关,边滩一般都是侧向加积作用形成的,边滩底部粒度较粗,上部较细,形成向上变细的层序。不过,在黄河水体含沙量偏高的情况下,如果边滩发生快速的侧向加积,则侧积体的单层厚度可能较大。同时由于沉积物粒度在整体上以粉砂、少量细砂为主,会使得单层内粒度的垂向变化可能并不明显。所以单层厚度越大,粒度的垂向变化就越不明显。尤其是真正的粘土沉积只发生在洪水退去的边滩表面,使细粒沉积物在单个侧积体中所占的比例很小,即便是在天然堤的环境下,完全由粘土构成的沉积物所占的比例也是较小的。

边滩上由于水动力条件弱、沉积物粒度细及地形等因素的影响,层理规模均较小。但正因为粒度细,对水动力的变化反应相当灵敏,所以边滩上的沉积构造类型极其丰富。这些沉积构造将在随后做专门介绍。

3. 心滩

心滩在黄河的中下游不是很发育,但其数量仍较一般曲流河多。尤其是在河道宽、弯度

小、坡降缓的河段,河床中往往会发现较大型的心滩,主流线不止一条,可能是在洪水期由双横向环流造成的。心滩长者可达近千米,宽度可占河道的 70%~80%。在洪水位时,心滩常被淹没于水下。

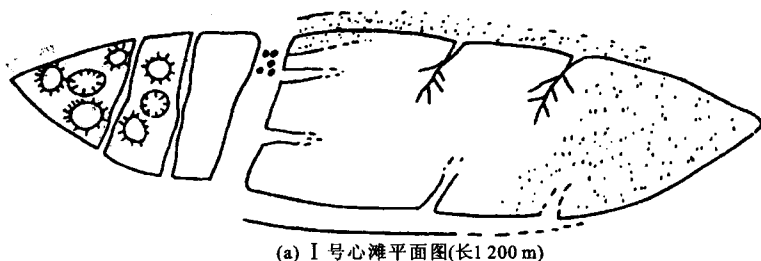
心滩沉积物的粒度与边滩相比没有明显的差异,都是以粉砂和泥质沉积为主,含少量细砂。心滩表面发育有与边滩表面相似的沉积构造,包括极其丰富的各种波痕及其他层面、层理构造。

整体来讲,心滩的垂向粒度变化并不十分明显,这一方面与洪水期的快速沉积有关,另一方面也与黄河沉积物整体上粒度偏细有关。在心滩表面,靠近心滩顶部的沉积物与靠近河床的沉积物在粒度上也没有十分明显的变化。

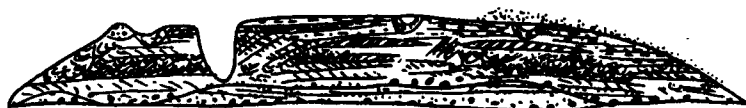
心滩经过迁移或一侧河道的淤积,可以逐渐与边滩连为一体或逐渐过渡为边滩。在黄河经常断流的年份,心滩表面常发育风成沙沉积。

钟建华等(1998)曾对黄河大桥附近的胜利 I 号心滩做过详细研究,可以作为黄河心滩沉积特征的典型代表:

胜利 I 号心滩平面上明显具有三段结构:其前段以沟通心滩两侧河道水流的水道发育为特征,并伴有水洼、沙泥丘;中段以侧水道、进水道和出水道发育为特征;后段以一般的心滩发育为特征,但在黄河三角洲的其他心滩上后段也有各种水道和水洼、沙泥丘发育(图 1-6)。



(a) I 号心滩平面图(长 200 m)



(b) I 号心滩纵剖面图(心滩高 1.8 m)



(c) I 号心滩横剖面图(长度放大 2.5 倍)

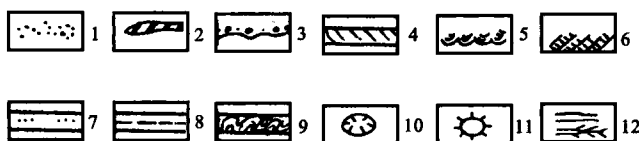


图 1-6 胜利 I 号心滩平面、纵横截面图(据钟建华等,1998)

1—风成沙; 2—风成沙楔; 3—泥砾与冲刷面; 4—板状交错层理; 5—槽状交错层理; 6—爬升层理; 7—细砂;
8—粉砂质泥, 水平层理; 9—变形层理; 10—水洼; 11—沙泥丘; 12—水道

由于黄河经常改道,原有河道常被废弃,这些废弃河道由西向东有套尔河、新桃河、三河、钓口河、神仙沟、宋春荣沟以及现在的黄河故道等 12 条(图 1-1)。废弃河道中水的流速很缓,

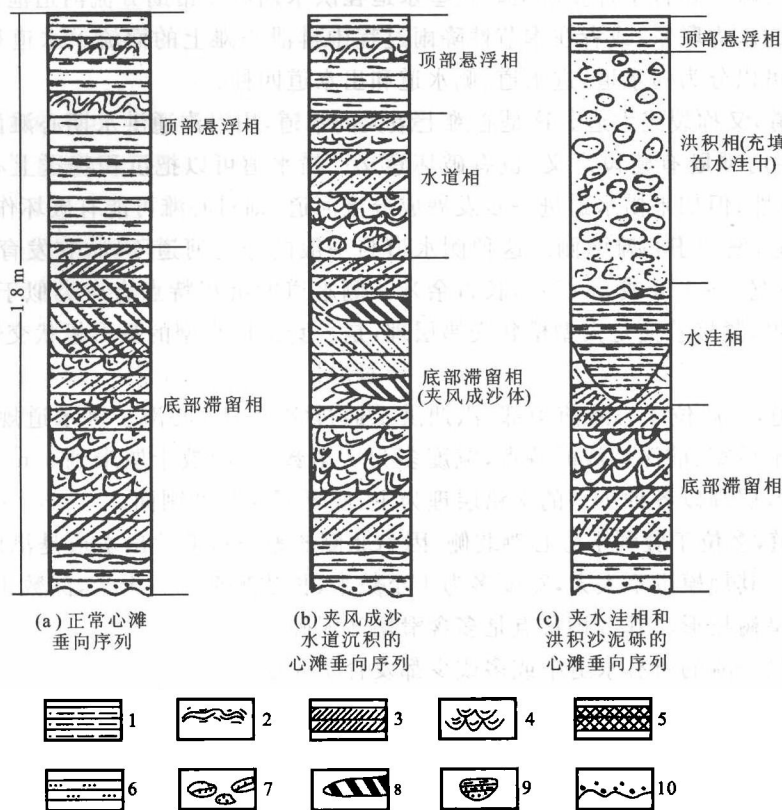
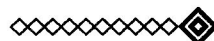
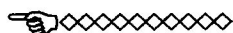


图 1-7 胜利 I 号心滩三种垂向沉积序列(据钟建华等,1998)

1—泥质粉砂中的水平层理; 2—变形层理; 3—板状交错层理; 4—槽状交错层理; 5—爬升层理;

6—细砂; 7—同生砾; 8—风成沙体; 9—水洼相; 10—泥砾与冲刷面

有时近乎静水还原环境。目前最新的废弃河道是 1978 年黄河人工改道后形成的。黄河大桥至东营港的高速公路就经过了这段废弃河道。

河道废弃以后,由于碎屑物质的供应大幅度减少,废弃河道逐渐沼泽化。在此阶段,如果废弃河道中的水体仍然受主河道洪水的影响,则主要以泥质沉积物为主;如果废弃河道的水体长期静止或泥质沉积物逐渐淤积,则水生植物逐渐繁盛,大量植物残体淤积在河道中,使河道完全沼泽化(图 1-8)。

由于黄河河道的废弃主要缘于河流的突然改道,所以早期的边滩、心滩沉积发育的停止是突发性的。在垂向上早期的边滩、心滩沉积物顶部会直接覆盖晚期的沼泽沉积,二者的界线在理论上是突变的。

这些废弃河道往往是鸟、野兔等野生动物栖息、出没的场所。

(三) 堤岸沉积

堤岸沉积包括天然堤和决口扇沉积。

因人工的改造,黄河两侧的天然堤多数保存不完整。在地貌上天然堤表现为河道两侧的一些非常低缓的带状沉积体,沉积物以黄色粉砂质泥为主,往往植物繁茂;内部爬升层理、波状层理发育,也见水平层理、包卷层理,甚至块状层理、弱冲刷构造等。

黄河两岸明显的天然堤主要发育在济南以上的河段,黄河下游两岸的天然堤沉积多数并



图 1-8 废弃河道的沼泽化

不清晰。在黄河下游平原,即便排除了人工大堤的束缚,如在靠近黄河入海口的地段,明显的天然堤也不存在,而是表现为统一连片的河漫滩、河漫沼泽沉积。天然堤不发育的原因与黄河两岸地形平缓、洪泛期河漫范围广、碎屑物质搬运量大、沉积物粒度整体偏细有关。因为黄河的碎屑物质主要以悬浮搬运为主,很少有跳跃搬运的组分,在河水发生泛滥的时候沉积物难以因流速的降低而迅速在河床两岸发生沉积。

黄河两岸决口扇的数量较多,分布较广,多呈大小不等的扇形,靠近决口地带的地形往往稍高,表面往往被开垦成农田。沉积物以细粉砂和泥混杂为特征,常发育上攀层理,同时见有中小型板状、槽状交错层理及冲刷面和泥砾等。

目前黄河两岸决口扇大部分保存不完整,形态在地表上难以识别。

(四) 暂时性湖泊

在三角洲平原的低洼处,可因洪水期地表积水或地势低洼地下水渗出而形成暂时性的湖泊,但绝大多数规模并不大。沉积物主要为洪水泛滥带来的细粒泥质。

由于暂时性湖泊水体一般很浅,故沼泽化现象明显,可逐渐演变成河漫沼泽等。

(五) 沼泽沉积

沼泽沉积主要分布在三角洲平原靠近海岸的河道侧缘和河漫平原地带,俗称黄河三角洲湿地。沼泽的主要类型有河漫滩沼泽和黄河故道沼泽。沼泽中的植物主要为芦苇、碱蓬和柽柳等。沉积物由黄色粘土、暗色淤泥与植物残体组成,是形成泥炭的良好环境。

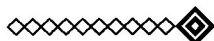
形成沼泽沉积的主要因素是地势低洼,洪水泛滥或地下水渗出造成地表长期积水,此外气候、地形和植物的生长也对其有一定的影响。

从地层剖面上看,沼泽化沉积形成的泥炭层或腐殖泥层所占的比例较少,这是黄河三角洲平原的一大特色。黄河三角洲平原沼泽沉积不发育的原因主要有(姜在兴等,1997):

- (1) 气候因素。黄河三角洲属于温带半湿润气候区,降水量小,蒸发量是降水量的 3.6 倍,不利于形成沼泽沉积。

- (2) 黄河三角洲平均增长速度 $300 \sim 400 \text{ m/a}$, 河流冲积物快速叠置在滨岸沉积物上, 下伏含盐沉积物中的盐通过毛细管作用上返, 形成盐碱滩, 不利于植物生长。另外, 滨岸或河漫滩上的植物因快速沉积被掩埋, 造成沉积层中植物所占比例较小, 没有形成泥炭或腐殖层。

此外,造成沼泽沉积不很发育的原因还有:洪水期黄河泛滥的水体中含有较多的粉砂和泥质沉积,河漫沉积的速率偏快;由于干旱,地表沼泽沉积物的氧化速率偏高,也造成泥炭沉积物



的保存条件变差。

(六) 河漫滩

河漫滩主要分布于河道侧缘,在近海区域盐碱化比较严重,地表呈白斑状,成分为白色碳酸盐、石膏、石盐。沉积物中发育水平层理、波状层理、块状层理等,植物常为碱蓬、怪柳、芦苇。其形成是在干燥的气候条件下地表水强烈蒸发,粘土中的孔隙水因毛细管的作用矿化度不断增高的结果。

河漫滩在垂向上可分为三部分:下部以滨海淤泥、粉砂质淤泥和粘土为主,颜色较深,含盐量大;中部为过渡沉积;上部为粉砂、粘土,盐渍化现象比较明显。该序列整体上是不同时期分流河道的间湾被黄河泛滥的河水逐步淤浅的结果。

(七) 风成沉积

黄河三角洲地区属于受海洋性气候影响的季风气候区,春季干旱、风速大,有时还有事件性的暴风袭击。经常的大风天气加上黄河的细粒沉积物,使得黄河河道和两岸经常出现风成粉砂沉积。枯水期在靠近主河道的边滩和心滩上以及河道两侧的河漫滩上,最容易出现风成粉砂及风成沙丘,沉积物表面发育有风成波痕及障碍痕等。

由于这些风成粉砂中常含碳酸盐颗粒,在雨水的影响下,碳酸盐经过反复的溶解和结晶,可以将风成的粉细砂半固结起来,形成“河滩岩”。后期的风蚀作用还可以将这些河滩岩改造成风蚀蘑菇、风蚀残丘等(图 1-9)。

近年来,因断流减少,风成沉积的规模一般不大,甚至逐渐消失。

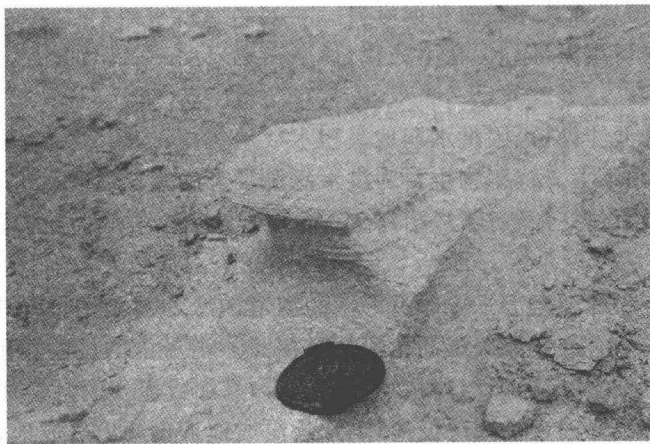


图 1-9 风成沉积被风蚀成小的残丘

三、常见的沉积构造

黄河的沉积物主要是粉砂和粉砂质泥。在沉积过程中,这些细小松散的沉积物对水动力条件的微弱变化都有反应,这造成黄河中下游河道的心滩、边滩及其河漫滩上常发育各种沉积构造。这些沉积构造形态复杂多样,细节表现清晰,成为研究沉积构造与水动力条件甚至风、雨、雪、冰冻等各种外在营力的良好场所。

近 10 年来,姜在兴、钟建华等对黄河的沉积构造做了大量的研究。现结合这些研究成果对黄河河道及其两侧的沉积构造做一些简单介绍。

(一) 物理成因构造

物理成因的沉积构造包括与水体流动、后期沉积变形、地表暴露等有关的几种类型。常见的典型沉积构造如下:

1. 流动成因构造

以层理和各种类型的波痕为主,尤其是波痕的类型和形态都相当复杂。

(1) 层理。

因为黄河三角洲的沉积物主要以细砂级别以下的碎屑物质为主,加之大多数情况下的水动力条件为弱到中等,所以主要发育中小型层理,具体类型如下:

① 水平层理:这是黄河三角洲沉积物中最常见的层理类型,为泥质和粉砂质沉积物在弱的水动力条件下经过缓慢垂向加积而成的,主要发育在心滩和边滩顶部、河漫以及废弃河道环境中。

② 波状层理:纹层与层系波状起伏,不同的层系可以相互平行或不平行。沉积物主要为泥质粉砂或粉砂质泥,主要是在波浪微弱震荡、碎屑物质大量供应的条件下形成的,是沉积物快速沉积的结果(图 1-10)。

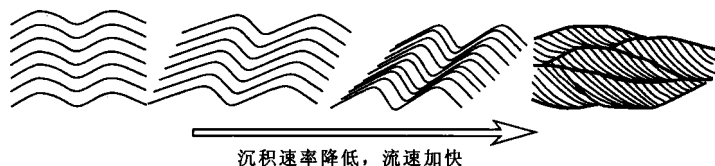


图 1-10 波状层理—爬升层理—小型沙纹交错层理的变化示意图

③ 爬升层理:在边滩、心滩的细砂和粉砂沉积物中最易发育。根据迎流面沉积纹层的保留程度,可分为四种(姜在兴,1994):沙波爬升层理、前积层-沙波爬升层理、沙波-前积层爬升层理及前积层爬升层理。爬升层理是在偏缓慢的水流条件下粉砂质较快速沉积形成的,其沉积速率较波状层理要小一些,但较沙纹交错层理要快(图 1-10)。

④ 小型交错层理:常见的有小型沙纹和小型槽状交错层理。小型沙纹交错层理的层系界面起伏不定,彼此相交截切,细层倾斜(图 1-10),是在较弱水动力条件下粉砂质沉积物受各种波脊不连续的复杂小型波痕迁移影响而成的,沉积速率要小于波状层理,多分布于边滩与心滩的顶部;小型槽状交错层理则由发育在边滩上的链状、舌状或新月形波痕向下游迁移而形成,横剖面上的层系界面和纹层均呈弧形,层系厚 1.0~5.0 cm,主要由粉砂质沉积物组成。

⑤ 透镜状、脉状层理:黄河的水体涨落比较频繁,水体下降时期边滩和心滩表面的泥质沉积物比较发育,洪水期粉砂、细砂质沉积物则比较发育,这就使得边滩和心滩中常形成类似于潮汐环境中的透镜状层理和脉状层理。透镜状层理——在整体水动力较弱的背景下,粉砂质供应不充足,以泥质沉积为主,在短期水动力增强时,泥质沉积物中的粉砂呈透镜状分布;脉状层理——多数时期粉砂质的供应都较充足,短期弱水动力(尤其是河水位下降时)的泥质沉积物主要分布在沙质波痕的波谷中,剖面呈脉状。

⑥ 平行层理:发育在边滩和心滩沉积物中,是粗粉砂至细砂质沉积物在高流态、平坦地形条件下形成的。平行层理的形成不仅仅与流速有关,还与颗粒的大小有关,由于边滩和心滩沉积物中的颗粒粒度偏细,故形成这些平行层理的流速其实并不会太快,应较沙质沉积物中的平行层理弱得多。