河流中的异常水流及其沉积作用

——以黄河下游为例*

姜在兴　周丽清　林承焰　马在平　赵澈林　王留奇

（中国石油大学，山东东营 257062）

关键词　黄河、异常水流、沉积作用、相分析、古流向分析

在河道中，除了自上游至下游的单向水流作用外，尚有与之相交甚至反向的水流，它们在一定条件下可形成重要的沉积记录．我们把这些水流叫做异常水流．人们一般强调单向水流而忽视了异常水流的作用．正确识别和区分这两类水流对于沉积盆地的相分析和古流向分析有重要意义．

根据对黄河下游（包括三角洲地区）现代沉积的考察，我们发现了四种异常水流，即反向水流、浪成水流、裂流和"冲积扇"流．现分述于后．

一、反向水流

黄河下游河道弯曲，凹岸、凸岸明显，当主流线紧贴凹岸时，侵蚀强烈，无反向水流．但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环流，在凹岸一侧朝上游方向流动，形成反向水流[1]（图 1a）．另外，黄河河道的宽度也时有变化，在突然放宽处，原来贴近固体周界（两岸）的水流分离，在分离点以下形成无所依附的流带，流带两侧形成两个竖直环流，近岸一侧为反向水流（图 1b）．在汛期最为清楚．

反向水流的流速与主流速有关，但一般较小，故侵蚀能力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）挟带量最大的河流，因此反向水流的搬运和沉积作用不能忽视．

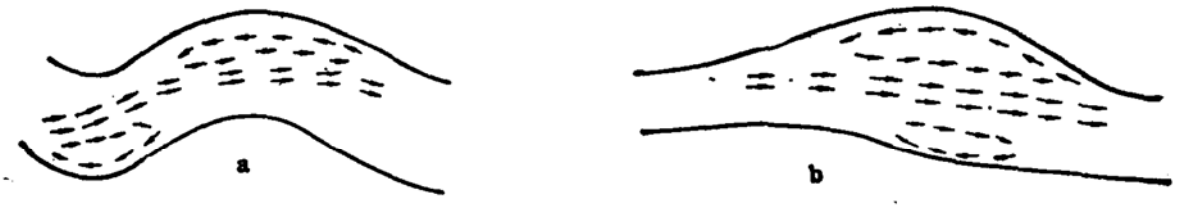


图 1　反向水流的成因

a．主流线偏离凹岸；　b．河道突然放宽．黄河下游．单箭头——环流；双箭头——主流

黄河在洪水期（汛期）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，形成上攀层理和小型斜层理，其细层向

本文 1991 年 1 月 14 日收到．

* 中国石油大学科研教学基金资助项目．

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. 图 2 是黄河下游冲蚀出的现代沉积剖面，今水流方向自左向右. 第一层为杂色块状泥砾层,含较多的植物根;第二层为泥质粉砂或粉砂质泥沉积,具小型斜层理,细层倾向左;第三层稍粗,为泥质粉砂,具斜层理,细层倾向右. 其沉积机理解释是: 凹岸垮塌、反向水流沉积泥质充填(第一层)→反向水流沉积(第二层)→正常水流沉积(第三层).

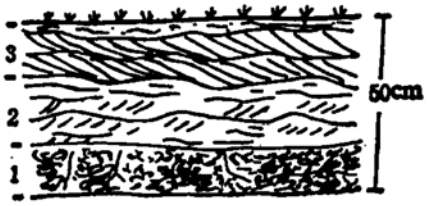
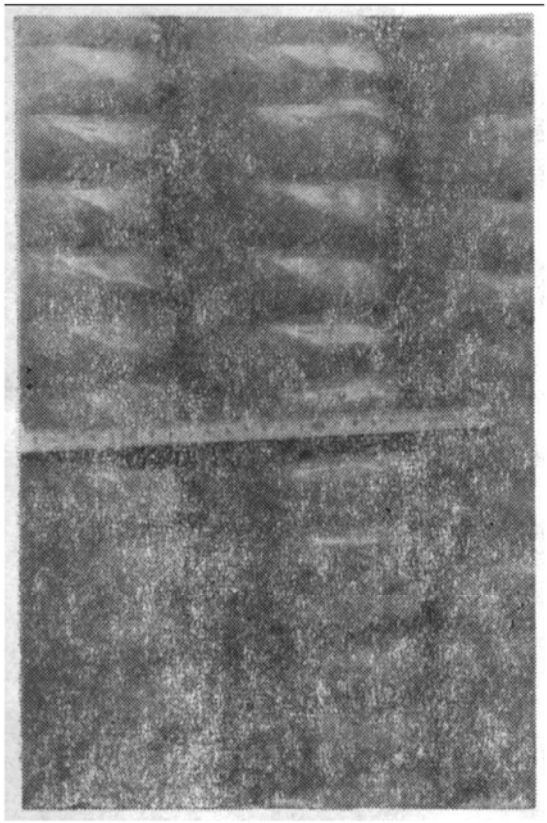


图 2　凹岸充填层序(灶刘屋子)

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, L — 15cm, H — 2cm, I_s — 11:4; 波痕类型简单,为曲脊波痕,陡坡在上游,缓坡在下游. 而正常水流形成的波痕类型丰富,除曲脊的外,尚有链状的、舌状的、新月状的和菱形的,且缓坡在上游,陡坡在下游,不对称指数 I_s 可达 10:1.

二、浪成水流

黄河下游河面较宽,流速减慢,风浪作用突出. 据观察统计,即便风力弱(3—4 级)时，仍可看到风浪和浪成水流; 风浪的波长约 20cm,波高约 6cm,每分钟作用于河岸的波浪数(频率)56 个/min; 风力增大,风浪的波长、波高和击岸频率都有增加. 如当风力 5—6 级时，波长 200cm,波高 30cm,击岸频率大于 60 个/min,并见浪花,听到浪的响声. 浪成水流对边滩的作用较强，主要形成波痕,其峰脊尖锐,谷底圆滑,近似对称,波脊线平直或微弯分叉; 波长一般不超过 5cm，波高 1cm 左右; 波脊走向与岸平行或斜交. 在地层剖面上形成沙纹交错层理.


图 3　浪成水流在单向水流波痕上形成的修饰或叠加波痕，单向水流自右向左流(滨州)

浪成水流可与正常水流干涉形成干涉波痕,或叠加在正常水流的波痕上形成修饰波痕(图 3). 观察发现,边滩由岸向河中心,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、有弱的流水波痕干涉或叠加→流水波痕为主、有弱的浪成波痕干涉或叠加→流水波痕.

由于黄河沉积粒度细，故大的风浪不能形成河底波痕,而是表现为对岸边的侵蚀、冲刷形成冲蚀凹槽和泥砾(屑)带. 冲蚀凹槽深数厘米，底质坚硬，呈舌状伸向岸边. 泥砾(屑)带宽约 40cm,与岸线平行,迎风面陡,背风面缓,是判断风向的良好标志.

三、裂流及“冲积扇”流

洪水过后河水水位下降,边滩凹槽中的水将通过与岸边垂直的小冲沟流回河道,结果在边滩上形成了与正常水流方向垂直的小型裂流“三角洲”. 裂流冲沟深达 30—40cm,沉积物最

粗;以较纯的粗粉砂为主,见新月形、舌形甚至菱形波痕,反映流速大、能量高. 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. 当雨季来临时或洪水退却后,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"水流,其冲积扇的形态和以阶地为顶点、放射状的细流痕是这种水流沉积的特征.



图 4 裂流及微"三角洲"(胜利大桥东)

三、讨论与结论

(1) 黄河下游水动力复杂多样,这可能具有普遍意义,也无疑对古代地层中河流环境的识别及古流向的恢复增加了困难.

(2) 反向水流的流向与主水流方向相反,波痕的指向意义也相反. 其沉积记录以粒度细,波痕类型简单、规模小,对称度大为特征.

(3) 在夏、秋季节,河面开阔,风力活跃,浪成水流发育,方向与主水流垂直,形成对称波痕,干涉波痕和修饰波痕及冲刷面和泥砾(屑)带. 波痕与湖泊中的区别是(1)规模小;(2)由岸向主河道波痕类型组合有规律性.

(4) 裂流与"冲积扇"水流流向河道,与主水流方向垂直.

致谢: 作者对陆基孟、刘仲一、熊继辉、刘文田、卢国仪和马玉新等同志的支持和帮助深表感谢.

参 考 文 献

[1] 张瑞谨等编,河流泥沙动力学,水力电力出版社,1988,1—100.