

晚更新世以来黄河、长江入海泥沙 对南黄海沉积作用的影响*

李 凡 姜秀珩 宋怀龙

(中国科学院海洋研究所)

黄河以其巨大的沙量闻名于世,其多年(1951—1980年)平均输沙量为 $1.069 \times 10^9 \text{t}$ 。近十余年来,由于加强了水土保持和各种引黄工程的兴建等原因,向海输沙量减少,但含沙量仍居世界之冠。长江年平均输沙量也达 $4.75 \times 10^8 \text{t}$,居世界大河之第四位。这两条大河目前虽不直接注入南黄海,但是大量资料表明,更新世以来,它们都曾在相当长的时间里注入南黄海,在低海面时期甚至奔流于南黄海陆架区,在漫长的地质历史中它们不断输送巨量泥沙,造就了规模不同的堆积地貌,沉积了不同厚度的沉积物层。因此,从某种意义上说,南黄海曾经是黄河和长江交汇沉积的盆地,黄河、长江在本区的发展演变史,就是南黄海沉积作用的发育史。

一、晚更新世末期低海面时期的古黄河和古长江

目前文献上对现代以前的黄河有“古黄河”、“老黄河”、“旧黄河”、“黄河故道”、“废黄河”等不同称谓。作者根据本区海平面变化及黄河演变中的重大地理事件,建议将黄河发展分为三大段落:(1)全新世高海面以前的黄河统称“古黄河”;(2)全新世高海面至1855年黄河大改道之间的黄河称“老黄河”;(3)1855年以来的黄河称“现代黄河”。相应地,将长江现行水道至全新世高海面时期的河道称“老长江”;全新世高海面以前的长江称“古长江”。

1. 古黄河

关于黄河的形成时代,陆地上的研究资料较多。虽然不同作者对黄河的形成时代持不同观点(王挺梅等,1962;吴忱,1986;张宗祜,1988),但对晚更新世末期古黄河流经华北平原或江淮平原,已没有争议。关于黄河在中国东部陆架海区的情况,早在70年代初期,Линдберг(1972)曾引用日本学者的资料指出,晚更新世末低海面时期,古黄河曾经分为南、北两支,北支流入渤海,但未出渤海,南支与淮河相汇,流入南黄海。后来耿秀山(1981)也发表了类似观点,不同的是北支穿过渤海,并经北黄海流入南黄海。以上报道是主要依据海底地形、地貌资料得出的结论。由于当时条件的限制,找不到海底以下有关埋藏古黄河的证据。另有部分学者从不同侧面指出晚更新世末低海面时期古黄河曾流经

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第2147号。本课题为国家自然科学基金资助项目,4860237号。

¹⁴C 年龄为高明德、史玉兰同志分析,谨此志谢。

收稿日期:1991年11月21日。

过南黄海陆架(吴世迎, 1982; 王振宇, 1982; 大场忠道, 1988)。近年来作者等根据南黄海浅地层结构的区域性调查资料, 相继报道了该区海底埋藏古水系的分布(秦蕴珊等, 1988; 李凡, 1991), 初步提出了南黄海海底北部有古黄河水系、南部有古长江水系分布的轮廓, 但是尚缺乏有关钻孔资料的证明。本文在以往调查的基础上进一步补充新资料, 包括部分钻孔资料, 论证晚更新世末期低海面时期南黄海陆架区海底埋藏古黄河的问题。

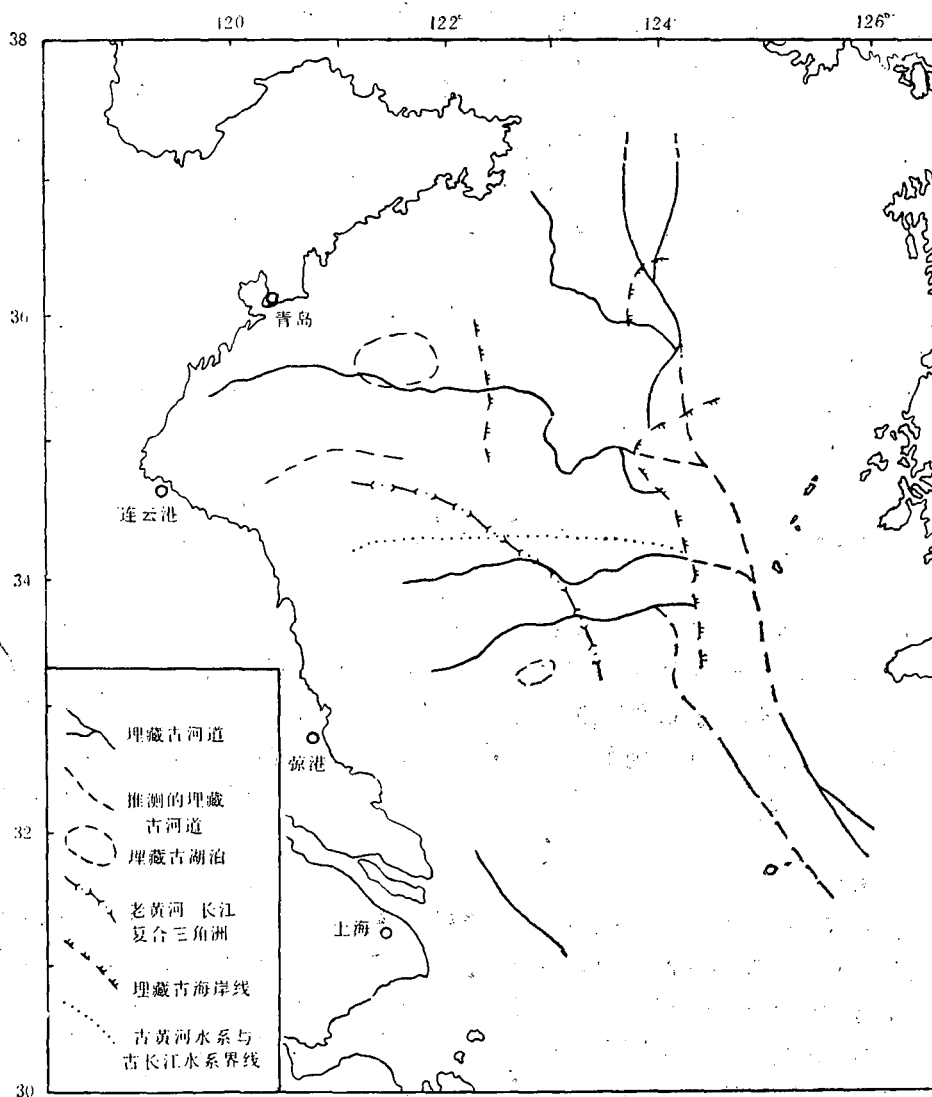


图1 晚更新世以来南黄海埋藏古水系分布略图

图1是晚更新世以来南黄海古水系分布略图。从图中可以明显看出, 在苏北平原的老黄河口外和海州湾区, 都有古水系发育。海州湾残留沉积区内, 由于近代沉积速率极小, 古河道基本出露于海底。在残留沉积区的东部边缘, 水深50m左右, 浅地层剖面记录中发现了明显的超覆地层结构, 证明那里曾经存在着一期古海岸线(图2)。在南黄海海

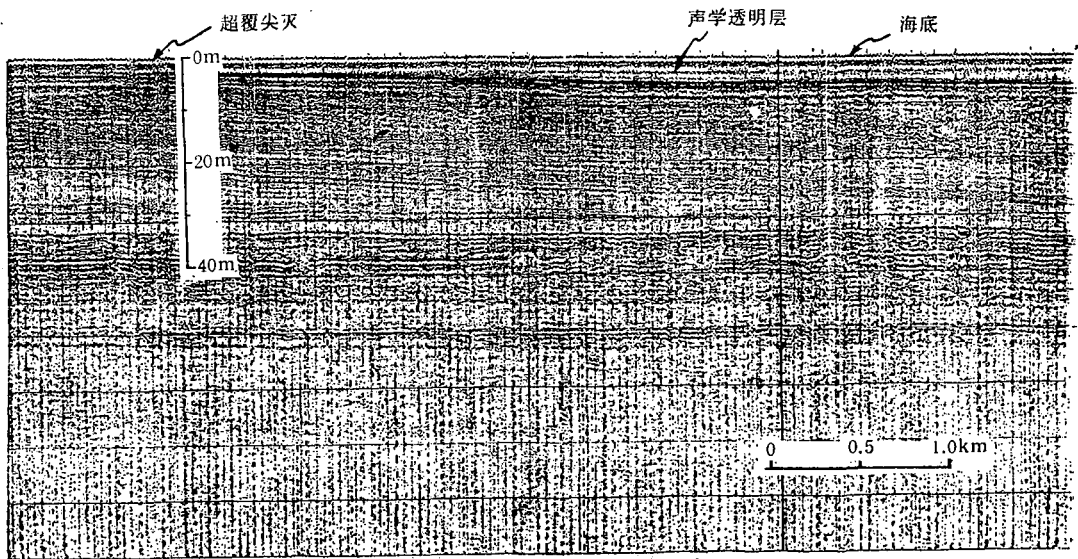


图2 全新世超覆尖灭地层

上部声学透明层为全新世沉积层,厚度向西减小,在测点26附近尖灭消失;其西侧为海州湾内残留沉积物分布区。晚更新世末期至全新世初期之老沉积物基本上出露于海底。(位置: $35^{\circ}30'.1N$, $122^{\circ}31'.5E$; 水深 58m)

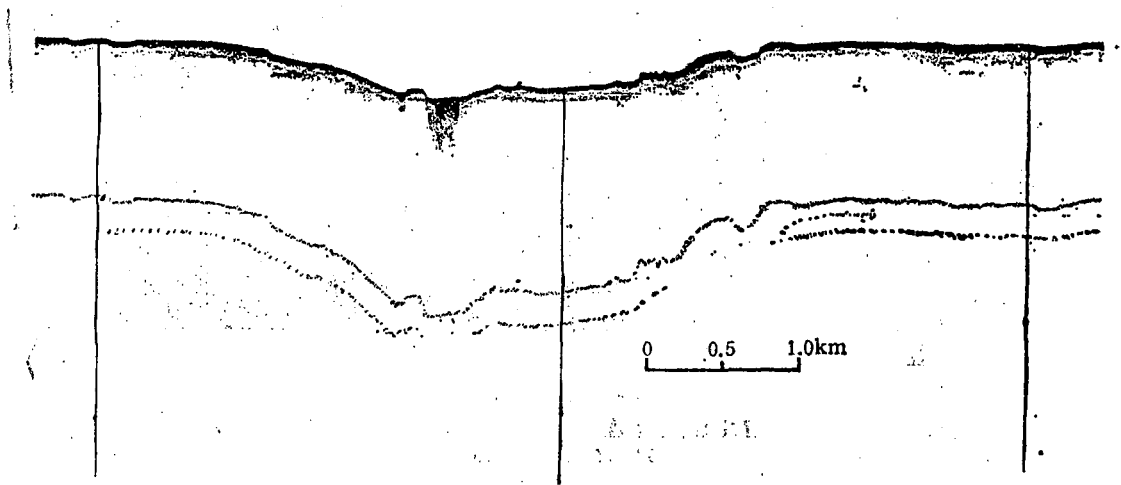


图3 海州湾内残留古河谷

底发现了数十个埋藏古河道断面、古湖泊及古三角洲断面等(图3—5),在它们共同组成的古水系分布图中(图1),北面的应为古黄河水系。根据与南黄海中部区发现的埋藏古三角洲断面相应的地层中,泥炭层的 ^{14}C 年龄分析为 25300 ± 1430 年,该埋藏三角洲位

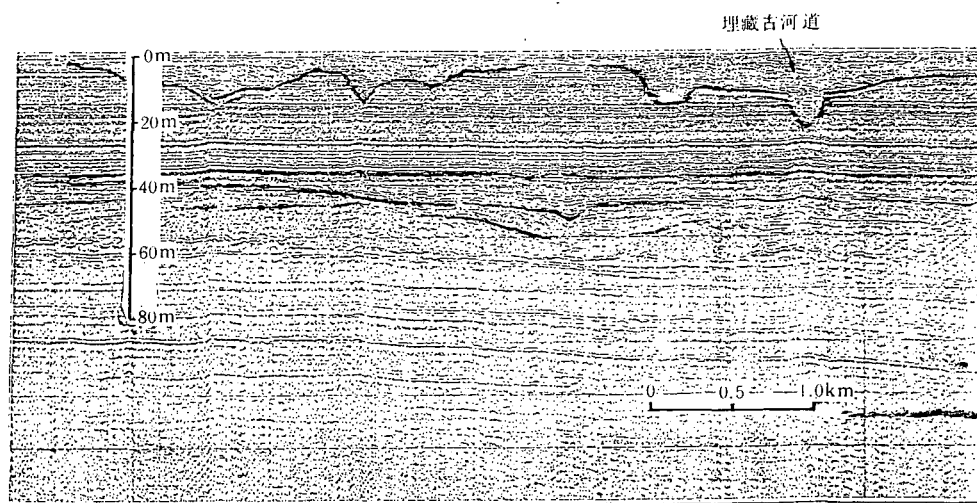


图4 南黄海中部的埋藏古河道

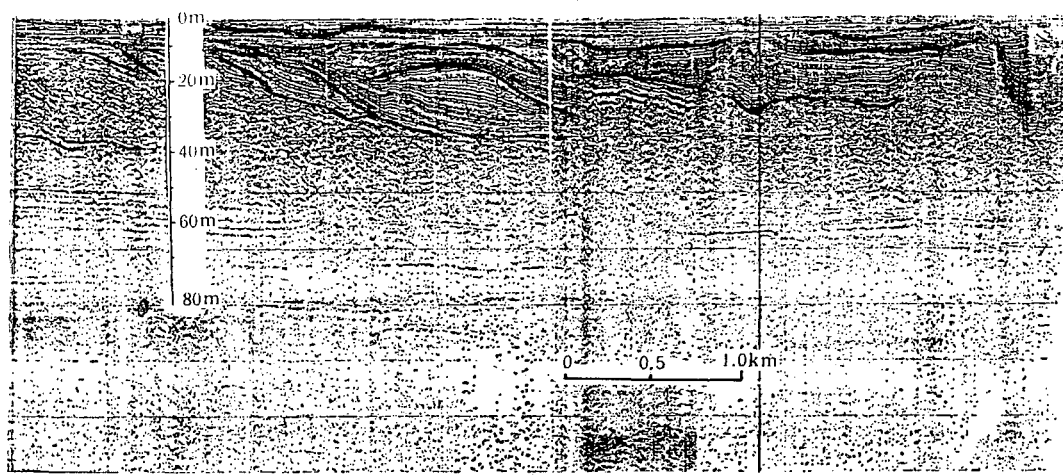


图5 埋藏古三角洲

沉积物层具“S”形前积反射结构,埋深 3—5m,厚 20—30m。(位置: $36^{\circ}01'.4N$, $124^{\circ}05'.6E$, 水深 79m)

于目前 80m 等深线附近,这里显然应是晚更新世低海面时期的另一期古海岸线,古黄河可能由此注入当时的古黄海。

此外,在南黄海中部深水区,即上述的古黄海区西北侧,也断续发现埋藏古河道断面。同时根据海底地形分析,南黄海中部 80m 等深线圈出了狭长低凹海槽,有可能随着海平面的进一步下降,古黄河通过这里南下,流向东海北部。

在南黄海浅地层剖面记录中,第二反射层以下,相当于中更新世地层中,也发现多处埋藏古河道,其中有的河床形态明显(图 6),据此推测,中更新世时期南黄海陆架海域曾

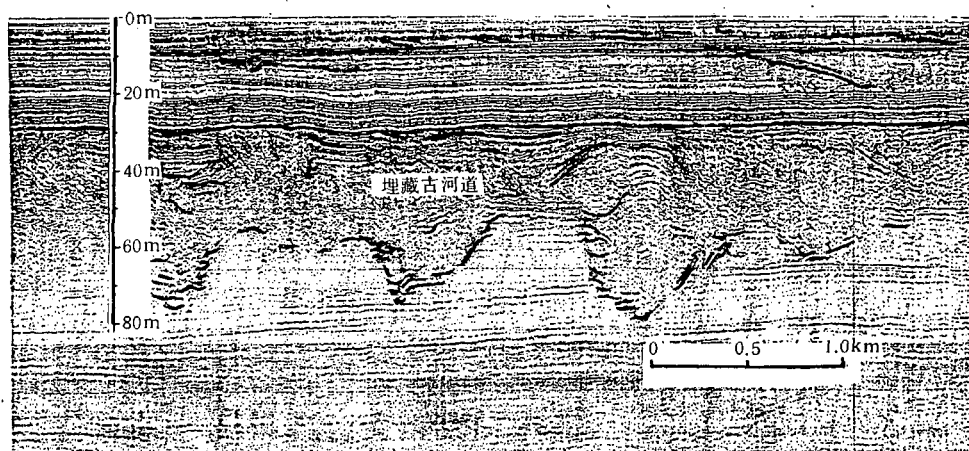


图6 南黄海北部的大型埋藏古河道

经一度有古河流发育。该古河流是不是黄河,目前尚无足够的资料证明。

为了进一步判断上述古黄河水系的可靠性,我们分别在南黄海调查区的北、西、中部布置了一些浅钻孔,其岩芯的物质组成及岩性特征如下:

H88-6-1 孔 位于成山角东部残留沉积区,水深 75m, 岩芯长 150cm。

0—26cm: 贝壳砾石层,下部为黄灰色粉砂质软泥。

26—47cm: 黑色泥炭层,上部黑褐色,偶见纹层及淡水螺壳, ^{14}C 年龄为 $25\,300 \pm 1\,430$ 年。

47—90cm: 灰褐色粉砂,有植物残体及淡水螺壳,下部偶见低角度粉砂斜层理,陆相。

90—150cm: 黄灰色粉砂质软泥; 130—150cm 处有黑色有机质条带;陆相。

H88-5 孔 位于南黄海中部深水区,水深 85m, 岩芯长 170cm。

0—30cm: 黄灰色粉砂质软泥,结构均匀,顶部出现窄盐种有孔虫 *Epistominacea naransis* 等; 中陆架半深海相。

30—100cm: 灰色泥质粉砂; 50cm 以下有波状层理,有孔虫以较深水种 *Ammonia kelienziensis* 占优势。

100—170cm: 上部黄灰色,有少量虫孔充填构造及粉砂团块;下部为灰色粉砂质软泥,有孔虫以 *A. beccarii* 占优势;为内陆架浅海相。

根据浅地层剖面记录,该钻孔 2—3m 以下有可能达到三角洲顶积层,遗憾的是因仪器故障而未能如愿。

NH₂-1 孔 位于海州湾,水深 30m, 岩芯长 60cm。

0—20cm: 全新世海相软泥,杂以晚更新世末期之钙质结核状砾石。

20—60cm: 黄色粉砂质硬粘土,块状结构,中有黄褐色锈斑及白色高岭土化斑块,偶见植物残体,为黄土状沉积。

NH₂-4 孔 位于海州湾,水深 35m, 岩芯长 70cm, 岩性特征与 NH₂-1 同。

由于上古时代江淮相通、河淮相通,沉积物有不同程度的混合,给不同物源的物质对比造成了困难。但是仔细分析黄河、长江的沉淀物质成分后发现,两者存在很多区别。例如,据 X 衍射分析,可发现黄河泥沙中伊利石、高岭石、绿泥石的含量比长江偏低,白云石几乎没有,而钾长石、斜长石、方解石的含量却偏高;化学成分中, Ca, Sr 的含量明显偏

高,而 Fe, Ti, Mn, Cu, Cd, Co 等元素的含量却明显偏低。据上述四个岩芯中 20 个样品的分析结果进行聚类分析可以看出, H88-6-1, NH₂-1, NH-2 岩芯下部的陆相硬粘土层和 H₈₈-5 岩芯 120cm 以下的沉积物,其化学成分与现代黄河的同为一群; H₈₈-5 孔 20—120cm 的沉积物为另一群,既不同于现代黄河的沉积物,也不同于现代长江的,可能为长江、黄河输入泥沙的混合沉积。上述分析结果说明,晚更新世低海面时期南黄海北部和海州湾等确曾受过黄河搬运泥沙的影响,因此那里应视为古黄河流域,古河道应属古黄河水系。

2. 古长江

古长江始于何时流经今南黄海,至今尚不清楚。仲德林等(1983)根据卫星照片分析认为,全新世早期古长江从东台—琼港一带入海。杨子赓(1985)等根据钻孔及浅地层剖面测量资料提出,晚更新末期“古长江由两条近于平行的主要河道带组成,从现代长江口及苏北的如东一带开始向北北东方向延伸流入黄海盆地”。经作者调查,在琼港、如东一带的苏北浅滩以东近海海底,发现了若干个埋藏古河道断面,可以连接成为向北东和东偏北方向的古水系,并在南黄海中部深水区发育了埋藏古三角洲;三角洲向北断续分布,可与上文所述之古黄河三角洲呼应。这说明,当时的古长江在南黄海中部深水区与自北南下的古黄河共同流入当时的古黄海。在南黄海中部 80m 等深线附近,自北而南发现了多个小型三角洲,它们呈连续或叠置分布。这说明当时的河流规模不大,而且并非独流入海,其岸线约在 80m 等深线附近。

如前所述,古三角洲的形成约距今 2.5 万年,即玉木冰期最盛期之前;后来随着海平面的进一步下降,古黄河和古长江有可能一度汇流南下流入古东海。

综上所述,晚更新世低海面时期,古黄河和古长江都曾经在南黄海陆架区流动。它们在那里建造了古河流冲积平原、河口三角洲及河流相沉积等,它们的输入物质成为本区广泛出露的残留沉积物之母体,又是后期全新世海相沉积物之底板。但是,对古黄河、古长江在南黄海陆架区沉积作用中的贡献目前尚难以作出定量的分析。

二、老黄河、老长江对南黄海沉积作用的贡献

1. 老黄河

关于黄河的历史变迁早有不少专论(岑仲勉,1957;《黄河水利史述要》编写组,1984)。据历史记载,约 4500 年前的尧帝时期老黄河已有“洪水横流,泛滥于天下”的现象。至禹帝时期,洪水泛滥已经构成灾害,威胁人民的生命安全。当时的黄河有两支,北支经济水、繇水注入渤海,南支则由苏、皖北部入南黄海(岑仲勉,1957)。公元 1168 年(金大定八年),“河决李固渡南流入淮”,公元 1194 年河决阳武故堤经徐州入淮,至公元 1234 年形成黄河全部经淮河入南黄海之势(《黄河水利史述要》编写组,1984),1855 年铜瓦厢决口黄河折而向北流入渤海,此后,除 1938—1947 年花园口事件外,至今皆独入渤海。粗略统计,若上限取尧帝时(2357 B. C.),下限取 1990 年,则黄河流入渤海 3650 年,向南黄海输沙 697 年(不包括支流)。

史前黄河的输沙量已无据可考。有的学者曾经从不同的角度进行过推测。叶青超

(1983)根据黄河下游冲积扇的面积、厚度和形成时间等,将一万年以来的黄土侵蚀变化分为四个阶段,并认为 1020 B.C.—1194 A.D. 黄河每年向下游输沙达 $1.16 \times 10^9 \text{t}$,而 1919—1980 年间急增至 $1.66 \times 10^9 \text{t}$ 。Milliman 等¹⁾进一步将周秦以来的黄河输沙变化分为四个阶段:① 340—200B. C., 黄土高原大部分为植被覆盖。当时的含沙量大约只有现代的 35%,年平均输沙量约 4 亿吨;② 200B. C.—60A. D., 分别为 80% 和 $1 \times 10^9 \text{t}$;③ 60—600A. D., 分别为 50% 和 $6 \times 10^8 \text{t}$;④ 600A. D. 至现在,年平均 12 亿吨。也就是说,自隋唐以来黄河的输沙量才有明显增加。据历史记载,602B. C. 以前的黄河只有“大河故渚”之称,无法判明其含沙量。春秋战国时称“浊河”,显然含沙量较多,河水浑浊,但尚不能称“黄”。黄河之称始于汉代,唐代方被公认。但汉代至隋唐之间曾有

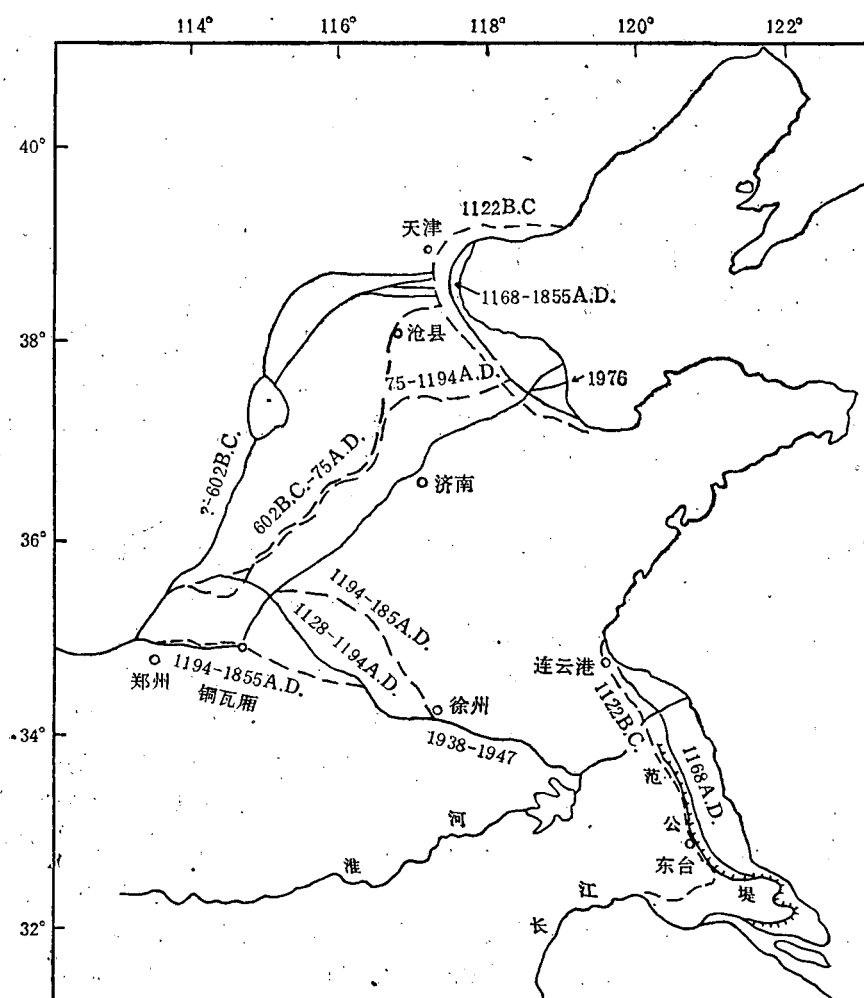


图 7 黄河下游河道及岸线变迁略图 (1:6 000 000)

“千年无患”之说,甚至出现过“河水清”的记载。尽管对“千年无患”之说有不同的看法,然

1) Milliman, J. D., Qinyunshan, Ren Mei-e and Yoshi Saito, 1986, Mans Influence on the Erosion and Transport of Sediment by Rivers: The Yellow River Example. (交流资料)

而此间史册中记载的大河患的确不多。为了研究历史上黄河输沙量的变化,作者计算了不同历史时期黄河下游的岸线变迁。计算结果表明,1122B. C. (西周)—1168A. D. (宋)之间2 000多年内,不论北面的渤海,还是南面的南黄海,其岸线变迁及造陆速率均不太大(图7)。据统计,天津至现代黄河三角洲一带,平均造陆速率约为 $2.4\text{km}^2/\text{a}$,苏北沿岸大约只有 $1.2\text{km}^2/\text{a}$ 。由此推测,当时黄河的含沙量不如现代的大,至少可以说其向海输沙量不太大。1168年以后,岸线变化较大,造陆速率明显增加。1168—1855年,加上花园口事件后的10年,苏北沿海造陆面积约为 $10\,000\text{km}^2$,平均造陆速率约为 $14.5\text{km}^2/\text{a}$ 。1855年黄河北上流入渤海后的百余年间,平均造陆速率则达 $30\text{km}^2/\text{a}$ 左右。上述数字虽与某些文献报道有所不同(张忍顺,1984;庞家珍,1979),但是,宋代以后800多年来黄河输沙量急剧增加的趋势是相同的。这就说明,黄河大量向海输沙约自宋代始。汉、唐时期黄河含沙量虽已很高,但宋代以后可能又进一步增高。

1168—1855年间,黄河的巨量泥沙在南黄海,不仅淤出了约 $10\,000\text{km}^2$ 的苏北滨海平原,而且堆积成了巨大的老黄河三角洲,叠置于古长江三角洲之上。据统计,老黄河—长江复合三角洲的北半部,在苏北海岸以东浅海区,以30m等深线为界,其面积约为 $39\,000\text{km}^2$ 。若以琼港为界,北面主要为老黄河三角洲,其面积约为 $27\,000\text{km}^2$,全新世时期沉积物约为 $5.40 \times 10^{11}\text{t}$ 。加上苏北淤出的 $10\,000\text{km}^2$ 的滨海平原,总沙量约为 $7.0 \times 10^{11}\text{t}$ 。假定这些泥沙主要是1168—1855年和1938—1947年间由老黄河输出的,则老黄河三角洲的年平均淤积量约为 $1 \times 10^9\text{t}$ 。如果按照现代黄河的输沙量约有70%堆积在河口三角洲区(秦蕴珊、李凡,1982),则每年尚有 $2.5\text{—}4.0 \times 10^8\text{t}$ 的泥沙输入到南黄海中部及邻近的东海陆架区。巨量的黄河泥沙涌入南黄海,大大提高了海水中的悬浮体含量,“染”黄了海水,故有“黄海”之称。

2. 老长江

大约7 000年以前全新世海侵最盛时期,老长江口为一宽阔的三角港湾,其北岸位于仪征、扬州、泰州、海安一线。全新世以来,长江口三角洲的发育过程经历了六个阶段(许世远等,1985)。陈吉余等(1979)详细描绘了2 000年来长江口的发育模式,其基本规律都是河口沙洲向北并岸,迫使老长江口不断南移,同时南岸滩地向北扩展,河口变窄,河床刷深。由于长江河口沙洲的并岸作用,在扬州至启东一带淤出了约 $9\,000\text{km}^2$ 的滨海平原,同时在苏北浅滩区形成了广阔的老黄河—长江复合三角洲的南半部。另一部分泥沙则输入到南黄海中部深水区及东海陆架区,并与老黄河输入的泥沙一起,形成了那里的薄层全新世沉积物层,琼港以南的老长江水下三角洲面积约为 $12\,000\text{km}^2$,沙量约为2 500亿吨。

目前,由于黄河北去和长江南移,苏北老黄河—长江复合三角洲区沙源枯竭,并受到潮流和海浪的强烈侵蚀。冲刷下来的老黄河和老长江物质,可被苏北沿岸流携带,输送到南黄海南部边缘及东海北部(秦蕴珊等,1989)。

三、现代黄河入海泥沙对南黄海的影响

黄河自1855年北去渤海以后,除了花园口事件后的10年外,在苏北沿岸基本断流,

不再为黄海提供泥沙。然而,对海底表层沉积物和海水中悬浮体的研究证明,现代黄河入海泥沙仍可随鲁北沿岸流绕过成山角进入南黄海的西北部(秦蕴珊、李凡, 1986; 秦蕴珊等, 1989)。

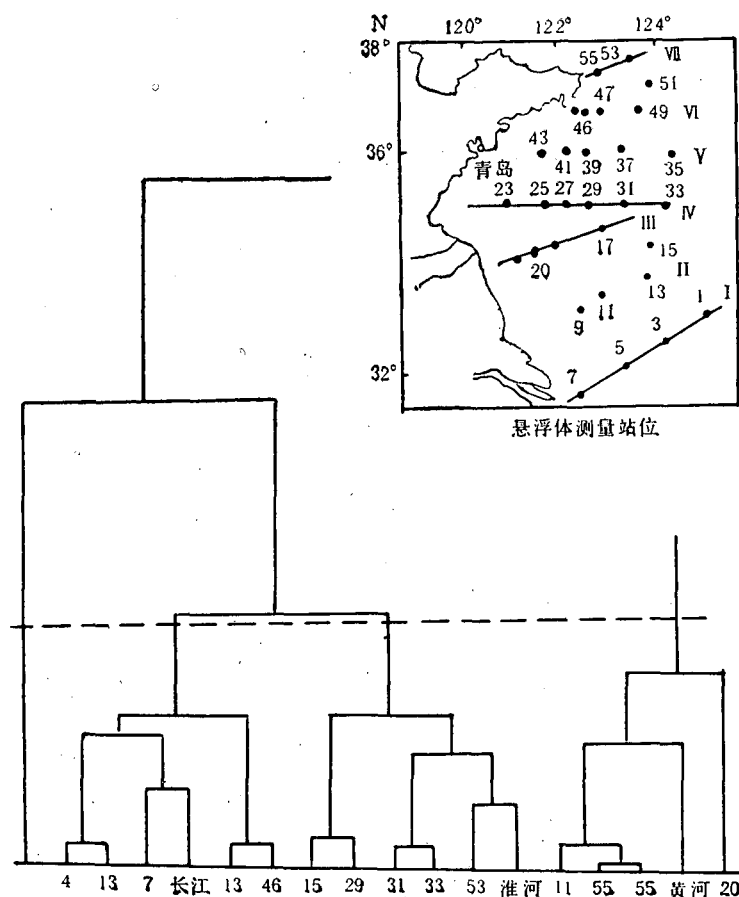


图 8 悬浮体化学元素丰度聚类分析

黄河输沙以斜长石、碳酸盐矿物、普通角闪石、白云母等矿物含量较高为特征。特别是白云母、绿泥石等片状矿物的高含量区,自现代黄河口外,与胶东半岛北岸和东南岸近海,直至崂山湾以东联成一片,在青岛至连云港一带含量减少,向南至老黄河口复又增加(申顺喜等, 1984); CaCO_3 含量的分布也有相同规律。它们共同组成了与其他矿物组合不同的现代黄河物质影响区。将南黄海水体中悬浮体的化学成分与黄河、长江的悬浮体进行对比,通过聚类分析(图 8)表明,位于成山角外的第 55 号测站,悬浮体的化学成分与现代黄河及苏北浅滩上老黄河的物质基本一致,而与南黄海中部深水区及长江的相差较大。此外,从卫星图片¹⁾中也可以看到,有一股浑水自山东半岛北部,绕过成山角进入南黄海西北部。

1) 1982 年 3 月 9 日 NOAA 卫星图片。

上述资料从不同角度证明了,现代黄河入海泥沙可以影响到南黄海的西北部。据统计,每年由渤海输入到黄海的沙量,平均约为 0.05—0.1 亿吨(秦蕴珊、李凡,1986),即不及现代黄河输沙量的 1%,因此可以认为影响不大。

四、南黄海中部深水区及海州湾的物质来源

1. 中部深水区

关于南黄海中部深水区海底沉积物的来源问题,众说纷纭。Milliman 等人认为是老黄河水下三角洲的再搬运,而不是现代黄河的输出物¹⁾,李国刚根据粘土矿物和化学成分分析推测,认为是古长江的细粒残留沉积物²⁾。刘敏厚等(1987)和时英民(秦蕴珊等,1989)认为,现代长江输入的泥沙影响南黄海的南部。作者根据本区海水中悬浮体化学成分分析认为,它们应当是长江和黄河输入泥沙的混合物,而且长江的成分略高。其中的黄河泥沙可能以苏北浅滩之老黄河三角洲沉积物的再悬浮为主,现代黄河输入的泥沙对其直接影响较小。

海水中悬浮体多为小于 0.05mm 的细粒物质,挟动流速为 1cm/s,极易顺流而动。关于南黄海的流系分布,虽有争论,但共同点是,不论冬、夏季都有一股高温、高盐水舌自济州岛附近进入南黄海区,影响可达 35°N,秋末冬初可达 37°N 左右。不论它是补偿流还是斜压流性质(丁宗信等,1986; Yuan Yaochu, 1983),它们都可以携带一部分从长江出来的细粒物质向北搬运,在中部冷水团相对稳定的环境中与西部水平扩散而来的老黄河物质混合沉积。Sternberg 等(1983)在南黄海南口的实测结果表明,在底层确实存在着泥沙向北方向(357°)的净输移。长江现代入海泥沙主要向东和东南方向扩散,由冲淡水挟带向东北方向搬运的泥沙数量较少,因而对南黄海的影响强度较小。另一方面,上述之现代黄河入海泥沙主要影响南黄海西北部,对中部深水区的直接影响也小,因此可以认为,南黄海中部深水区的现代沉积作用微弱。中部深水区软泥的 ²¹⁰Pb 测量结果,其沉积速率为 0.09—0.17cm/a (赵一阳等,1991),远小于相邻沉积区。

2. 海州湾底残留沉积的成因

海州湾曾经南邻年输沙量约 1.2×10^9 t 的老黄河,其供沙时间约 700 年之久,然而那里却存在着大面积的残留沉积和残留地貌,其原因何在? 有人推测,这里可能存在反气旋式下降流,底流辐散,细粒物质不易沉积。作者认为可能有以下几种原因导致海州湾残留砂的形成: ① 自山东半岛南下经苏北向东南方向流去的苏北沿岸流,可能早在黄海形成的初期已经存在,至少在老黄河注入苏北前后,其流速较大,加上科氏力的影响,泥沙主要向东和东南方向搬运,对其北部的海州湾基本没有影响; ② 海州湾周围无大河输入泥沙; ③ 北面携带现代黄河泥沙的海流含沙量本来就很少,加上沿途沉积,到了这里已经寥寥无几,余下的颗粒也不易在此沉积。这种情况从一年中各季度之悬浮体含量在此区为低值可得到很好的证明。上述因素的综合影响,使一度邻近丰富沙源的海州湾,自全新世以来沉积速率基本为零,晚更新世末期的沉积物基本出露地表,构成残留沉积分布区。

1) Milliman, J. D. et al., 1983, NOAA Cooperative Agreement, NA 81 AA-H-00008. (交流资料)

2) 李国刚, 1989, 博士研究生论文。(交流资料)

五、结 论

晚更新世末至全新世初低海面时期,古黄河和古长江曾流经南黄海陆架,所携带的泥沙在此构成广阔的古黄河、古长江冲积平原及河口三角洲沉积地层。全新世以来,老黄河不断有支流注入南黄海,但大量向本区输沙的时间为 1168—1855 年和 1938—1947 年,共约 700 年。它们对南黄海沉积作用的贡献主要为,在苏北淤出了约 10 000km² 的滨海平原及老黄河—长江复合三角洲的北半部约 27 000km²。老长江的贡献主要为在苏北淤出约 9 000km² 的滨海平原及复合三角洲的南半部约 12 000km²。南黄海中部深水区全新世沉积物是老黄河、老长江输入泥沙混合沉积的产物。这个时期也是南黄海全新世海相沉积速率最高的时期。现代黄河和长江已不注入本区,其入海泥沙对本区的影响已经很小。黄河每年只有小于其输沙量 1% 的泥沙绕过成山角影响本区的西北部。长江部分入海泥沙由冲淡水和黄海暖流挟带影响本区的南部和中部深水区。从物质来源和河流变迁历史的观点分析,南黄海一直是黄河和长江入海泥沙的混合沉积区。

参 考 文 献

- 丁宗信, 1986, 南黄海秋末温盐度垂直结构及其对于流系关系的初步分析, 海洋科学集刊, 27:87—95。
 王挺梅等, 1962, 黄河中下游第四纪地质调查报告, 科学出版社, 1—22。
 王振宇, 1982, 南黄海西部残留砂特征及成因的研究, 海洋地质研究, 2(3): 63—70。
 叶青超, 1983, 黄河下游变迁和黄土高原侵蚀的关系, 第二次河流泥沙学术讨论会论文集, 水利出版社, 597—607。
 申顺喜等, 1984, 黄海沉积物中的矿物组合及其分布规律的研究, 海洋与湖沼, 15(3):240—258。
 刘敏厚、吴世迎、王永吉, 1987, 黄海晚第四纪地质, 海洋出版社, 390—400。
 仲德林等, 1983, 全新世早期古长江海侵三角洲卫片初步解释, 海洋科学, 2:16—17。
 许世远、王靖泰、李萍, 1985, 论长江三角洲发育的阶段性和, 海岸、河口区动力、地貌、沉积过程论文集, 科学出版社, 23—34。
 吴忱, 1986, 河北平原的浅埋古河道, 地理学报, 41(4):332—340。
 吴世迎, 1982, 黄海海州湾钙结体的特征及其地质意义, 地质科学, 2:207—214。
 岑仲勉, 1957, 黄河变迁史, 水利出版社, 220。
 李凡、于建军、姜秀珩等, 1991, 南黄海埋藏古河系研究, 海洋与湖沼, 22(6):501—508。
 陈吉余等, 1979, 两千年来长江口的发育模式, 海洋学报, 1(1):103—111。
 张忍顺, 1984, 苏北黄河三角洲及苏北平原的成陆过程, 地理学报, 39(2):136—141。
 张宗祜, 1988, 黄河治理方略, 中国科学院地学部第二次委员会大会论文集, 科学出版社, 59—65。
 杨子庚, 1985, 南黄海陆架晚更新世以来的沉积环境, 海洋地质与第四纪地质, 4:1—20。
 庞家珍、司书亨, 1979, 黄河河口变迁 I. 近代历史变迁, 海洋与湖沼, 10(2):136—141。
 赵一阳等, 1991, 南黄海沉积速率和沉积通量的初步研究, 海洋与湖沼, 22(1):38—43。
 耿秀山, 1981, 中国东部陆架的古河系, 海洋科学, 2:21—26。
 秦蕴珊、李凡, 1982, 渤海海水中悬浮体的研究, 海洋学报, 4(2):191—200。
 秦蕴珊、李凡, 1986, 黄河入海泥沙对渤海和黄海的影响, 海洋科学集刊, 27:125—135。
 秦蕴珊、李凡、唐宝珏, 1988, 南黄海埋藏古河系, 科学通报, 24:1887—1890。
 秦蕴珊、李凡、徐善民, 1989, 南黄海海水中悬浮体的研究, 海洋与湖沼, 20(2):101—112。
 秦蕴珊等, 1989, 黄海地质, 科学出版社, 123—130。
 《黄河水利史述要》编写组, 1984, 黄河水利史述要, 水利电力出版社, 35—51。
 大場忠道, 1988, 海水準变化するコメント, 第四纪研究, 26(3):243—250。
 Sternberg, R. W., L. H. Larson and Miao Yutian, 1983, Near bottom flow conditions and associated sediment transport on the East China Sea continent Shelf, Proceedings of SSCS, China Ocean Press, 486—498。
 Yuan Yaochu, 1983, A two-layer circulation model of the East China Sea, Proceedings of SSCS, China Ocean Press, 335—345。

Линдберг, Г. У., 1972, Крупные Колебания Уровня океана в Четвертичный период, изд. Наука, стр. 63.

INFLUENCE OF THE HUANGHE AND CHANGJIANG RIVERS SEDIMENT LOADS ON SOUTH YELLOW SEA SEDIMENTATION SINCE LATE PLEISTOCENE*

Li Fan, Jiang Xuhang and Song Huairong

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The Huanghe and Changjiang paleo-rivers developed before high sea level in Holocene formed a broad fluvial plain and river mouth delta on the South Yellow Sea continental shelf. Use of high resolution geophysical instruments revealed buried the Huanghe and Changjiang paleo-rivers valleys at more than 100 stations. The old Huanghe River which formed after high sea level in Holocene and before change of its course in 1855 A.D., emptied through the Subei Plain into the South Yellow Sea for 700 years resulting in formation of the accumulation shore plain of 10^4km^2 and the north old Huanghe-Changjiang combined delta of $3 \times 10^4\text{km}^2$, besides, the old Huanghe River transported $(250-400 \times 10^4\text{t/a})$ sediment to the center part of the South Yellow Sea to form thin Holocene sediment layer. More than 99% of the sediment load from the modern Huanghe River deposited in the Bohai Sea. Less than 1% is transported and round the Chengshan Cape to affect the northwest part of the South Yellow Sea. However there is only small immediate influence on the center and deeper part because of the presence of the Huanghai Cold Water Mass. Sediment loads from the modern Changjiang River were mainly transported southeastward and eastward. A part of it can be carried into the South Yellow Sea. The South Yellow Sea historically was a mixed deposition area of sediment from the Huanghe and Changjiang rivers, but the modern accumulation rate is small.

* Contribution No. 2147 from the Institute of Oceanology Academia Sinica.