

胶东西北部地区现代河流砂金的聚集规律及水动力学解释

周江羽 刘常青

(中国地质大学, 武汉 430074)

提 要 研究区位于胶东半岛西北部, 具有丰富的岩金和砂金资源, 是我国目前重要的黄金产地。作者应用沉积学和水动力学的理论和方法, 重点研究了该地区现代河流的沉积学特征、砂金聚集规律及其形成的水动力条件, 认为河流砂金的聚集是一个与机械成矿作用密切相关的动态过程, 与特定的河流水动力条件有关, 其中横向环境的底流对于形成河谷台阶状缓坡倾斜面及砂金聚集具有重要意义。

关键词 胶东西北部 河流沉积环境 砂金 流体

分类号 P 618.51

第一作者简介 周江羽 男 32岁 讲师 沉积学和盆地分析

0 前 言

研究区位于胶东半岛西北部, 包括东经 $120^{\circ}\sim 121^{\circ}40'$, 北纬 $37^{\circ}\sim 37^{\circ}30'$ 的大部分地区 (图 1)。该地区分布有现代主干河流 10 多条, 大多属于树枝状水系, 多级支流河道, 支流与主流夹角一般在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。主干河流的中下游段比较平直, 上游段及各级支流则弯曲多变, 弯度 (河床长/河谷长) 一般都超过 1.5, 具有典型的曲流河特征^{[1][2]}。许多河流发源于或流经含金量较高的岩金成矿区, 在其特定部位形成了具有工业意义的现代河流砂金矿床。研究区由于特定的地貌和气候条件, 大都发育山区或丘陵季节性河流, 极易发生改道和侧向迁移, 具有特殊的河流沉积特征和水动力条件, 对砂金的分布和聚集有明显的控制作用^①。

1 研究区现代河流的沉积学特征

通过对研究区 8 条现代主要河流的沉积学调查及砂金矿区钻探资料的分析研究表明, 河流沉积物类型有: 砾石层、砂砾石层、砂层、粉砂层。砾石层厚一般为 $1\sim 2$ m, 砾石成分复杂, 砾径大小一般为 $2\sim 5$ cm, 最大可达 $20\sim 30$ cm, 砾石—砂—泥之比约为 $7:2:1$ 。砂砾石层中的砾径大小一般为 $1\sim$

3 cm, 砾石—砂—泥之比约为 $2:5:3$ 。砂层主要有含砾粗砂层、中细砂层和粉砂层, 内见板状、槽状交错层理或平行层理, 厚度 $0.5\sim 1.0$ m, 呈层状或透镜状分布于砂砾石层中, 粉砂层和粘土层常分布于砂层上部或砂砾石层中, 上述沉积构成了一个或多个由粗变细的河道沉积层序, 偶见向上变粗的粒序 (图 2)。单个层序厚度各地不一, 一般为 $4\sim 8$ m, 这与气候、物源供给、河流的规模及水流的强弱等因素有关。层序底部为黄褐色的砾石层, 厚 $1\sim 2$ m, 砾石具叠瓦状排列和长轴平行层面排列的特征, 其内可见泥质和砂质条带或透镜体, 层序向上变为黄褐色的砂砾石层, 含砾粗砂层和中细砂层, 厚 $2\sim 3$ m, 可见大型槽状和板状交错层理、平行层理、水平层理、铁锰质结核、泥质和粉砂质透镜体, 层序上部为具水平层理的粉细砂层和粘土层, 砂层厚 $0.5\sim 1.0$ m, 粘土层厚 $0.5\sim 5$ m, 具迭瓦状或块状的砾石层被解释为河床滞溜沉积, 具槽状和板状交错层理的砂砾石层和砂层是点砂坝沉积, 具水平层理且厚度较稳定的粉、细砂层和粘土层是洪泛平原沉积 (图 3)。规模较小的泥质透镜体 (长 $30\sim 50$ m, 厚 $0.2\sim 2.0$ m) 被解释为洪水期后边滩表面低洼处的滞水沉积物, 规模较大的泥质透镜体 (长大于 50 m) 被解释为牛轭湖沉积物, 由于山区河谷

① 高殿海. 胶东地区河谷砂金及胶东半岛西北部滨海砂金成矿地质条件 (内部资料), 1988.

水动力条件的频繁变化,导致河床不断分叉和改道而形成规模不同的多个砂砾层和泥质透镜体,垂向上它们常常侧向错置。顺直河段的泥质和砂砾质透镜体多于弯曲河段,表明顺直河段比弯曲河段水流更易发生分叉和改道,但弯曲河段更易形成规模较大的牛轭湖泥质透镜体,这是弯曲河段截弯取直的结果^[3,4]。

从钻井统计资料来看,主要含矿层均位于河床滞溜沉积层中,矿体的厚度(0.2~1.0m)大约为滞溜沉积层厚度的一半。对70个取自河床滞溜沉积层、边滩及心滩中的重矿物样品进行分析,结果表明:河床底部砾石层的重矿物含量要比心滩及边滩的重矿物含量高1~5倍,滞溜层的厚度在横向上相对稳定,纵向上常常向河流下游方向逐渐加厚,沉积物粒度逐渐减小,分选磨圆逐渐变好,沙质含量逐渐增高,有时在垂向上可见2~3个砾石层叠

置,又均是含矿层,这往往是河床多次侧向迁移形成的,但主要的含矿层仍然位于最底部的河床滞溜沉积层中。

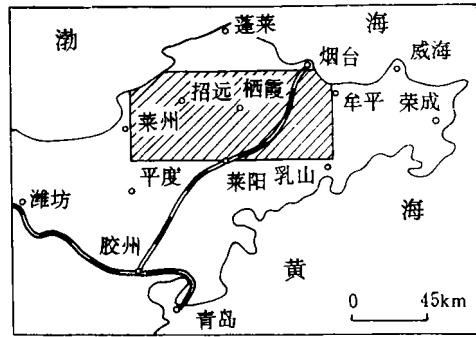


图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Sketch map of the study area

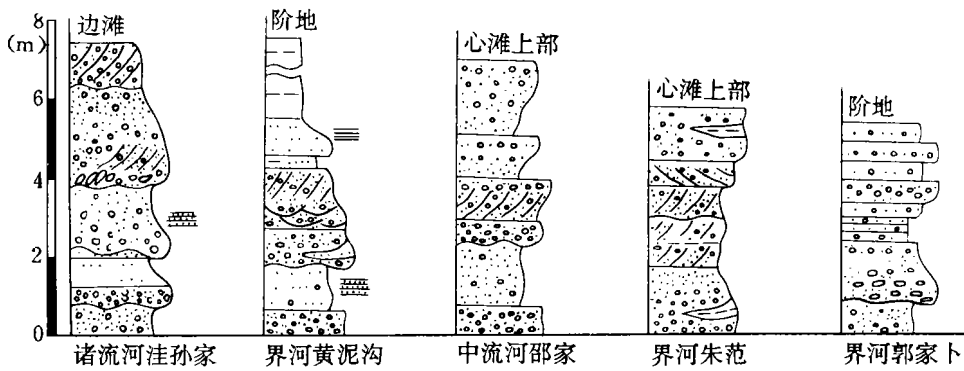


图 2 研究区现代河流各部位实测层序

Fig. 2 Measured sequences of different positions in modern rivers in the study area

(m)	结合层序	岩性	成因解释	含金性
6		粉细砂层 粘土层	洪泛平原沉积	一般不含金或 偶见金
5		砂砾石层 含砾砂层 中细砂层 泥质粉砂质 透镜体	点砂坝沉积	局部次要含金层
4		砾石层 砂砾石层 泥质粉砂质 透镜体	河床滞流沉积	重要含金层
0		基岩为胶东群含金变质岩系或中生代花岗岩		

图 3 研究区现代河流砂金综合解释层序

Fig. 3 Synthetic sequence of the placer gold in modern rivers in the study area

对 50 个取自河床、河漫滩、边滩和心滩的样品粒度分析统计结果表明, 各沉积物缺少明显的流动组分, 以跳跃组分占主要优势, 分选较差, 其中河床基质、边滩和河漫滩沉积物含悬浮组分, 分选较好, 平均分选系数 $\left[S_{0} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} \right]$ 为 1.48, 平均粒径小于 1 mm, 心滩沉积物缺少明显的滚动和悬浮组分, 跳跃组分呈现分选不一的分段特征, 表明了水动力条件的频繁变化

2 砂金聚集规律

研究区大多数砂金赋存于主流及 1~2 级支流的中下游河段, 且 1~2 级支流砂金平均品位 (0.5414 g/m^3) 要比主流 (0.2843 g/m^3) 高。这些河流一般长 10~40 km, 河流平均坡降 3~6‰, 多为单层矿体, 局部为多层矿, 矿体厚度一般 0.2~1.0 m, 砂金多富集在河床沉积物底部及内部的砾石层中, 平面上矿体呈条带状沿河道走向分布, 在水动力条件发生突变的部位, 品位较高; 在河谷纵剖面上, 砂金常常聚集于河床坡降突然变化和基底起伏较大部位; 在横剖面, 砂金往往聚集于河谷缓坡一侧的次级小隆起平台部位。常形成单个矿体或多个不连续矿体。图 4 是研究区部分河流砂金矿体品位变化曲线

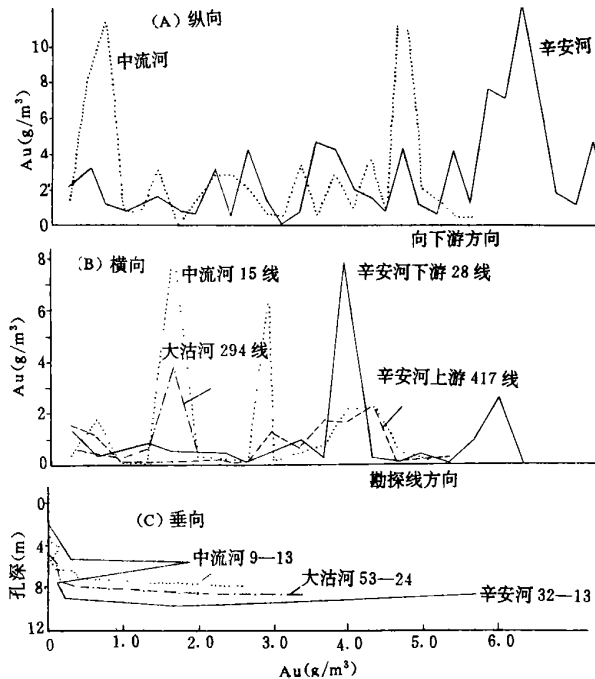


图 4 沿河流不同方向的砂金品位变化曲线

Fig. 4 Curve of placer gold variations in grade along different directions of rivers

弯曲河段, 砂金主要集中于河床底部, 以单层矿体为主。富矿区常位于凸岸一侧的台阶状缓坡谷底上, 并不断向下游凹岸方向迁移。矿体是带状或新月状沿河谷弯曲延伸, 常构成多个不连续单层富矿区。该河段常常形成一些特高品位的富矿体。

顺直河段, 可形成单个或多个相互平行的条带状富矿体, 沿河谷中心展布, 矿体连续性好, 局部分叉尖灭, 品位分布不均匀。该河段的河床底部仍是砂金聚集的主要部位, 心滩和边滩的上游端也有砂金聚集, 但品位相对较低, 与弯曲河相比, 顺直河河段较易形成低品位的次要矿层, 主矿体横向连续性差, 常构成多个不连续矿段。

在主流与支流的交汇处, 形成多个呈新月型或条带状弯曲延伸的富矿带, 这些富矿带相互平行排列, 常分布于靠近两河交汇处的下游方向, 并沿着河流某一侧迁移聚集。富矿段一般距河流交汇点下游 500~1000 m。这种环境也可形成一些特高品位的富矿区。有的河流交汇点附近矿体厚度明显加大, 品位增高, 含矿层数增加

3 砂金聚集的水动力学解释

河流环境的水动力条件主要包括水流类型、水流强度、颗粒载荷的物理特征 (大小、形状、比重等) 及河床本身的特征 (形态、坡度、糙率、演化阶段等)^[2]。研究区的河流在平水期, 河床范围狭窄, 宽一般 5~10 m, 仅占整个河谷宽度的几分之一到十分之一, 水深小于 0.5 m, 水流速度约 0.4 m/s; 洪水期流水可覆盖整个河谷区, 水流速度可达 1~3 m/s, 水流强度和搬运能力大大提高, 是砂金分选、搬运和聚集的有利时期, 对于 0.1~1.0 mm 的金粒, 据初步理论计算 (候进仓, 1989), 水流的起动速度可按公式计算: $V = 0.767x + 0.813$ (x 为砂金粒度 mm), 按此推算, 要搬运 0.1 mm 和 0.5 mm 大小的金粒, 水流动速度必须分别达到 0.89 m/s 和 1.20 m/s。作者利用 50 多个样品 (取自含金性较好的界河) 粒度分析的 φ 值和 FT 值, 在水流强度和粒度交叉图中投点结果显示, 绝大多数点落在水流强度为 7~12 频段内, 属中等一强水流的水动力条件, 有利于砂金的搬运和聚集 (图 5)。

促使砂金运移和聚集的水流运动形式主要有紊流、涡流和环流 (包括由局部地形等因素影响的次生环流) 三种

在弯曲河段,由于横向环流的作用,造成了河谷横剖面的不对称性和偏向一侧的台阶状缓坡谷底,

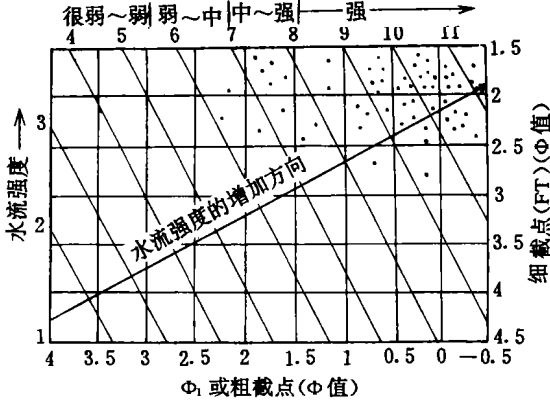


图 5 界河水流强度和沉积物粒度的交叉图解

Fig. 5 Intersection map of the water flow energy and deposit articles in the Jiehe river

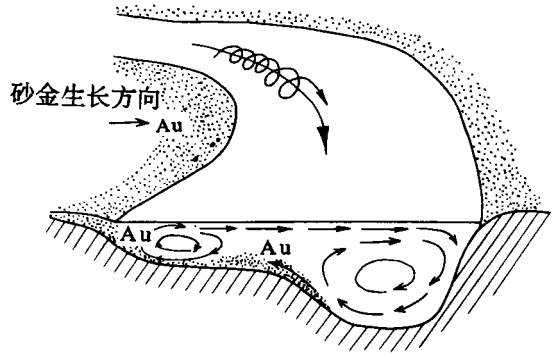


图 6 弯曲河段缓坡砂金聚集机理

(据 J. M. Hooke等改编)

Fig. 6 Placer gold accumulation mechanism of a gentle slope at the curved reach (modified from J. M. Hooke)

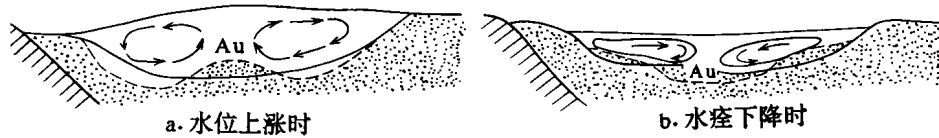


图 7 顺直河段的双向环流与砂金聚集

Fig. 7 Bidirectional circumfluence in relation to placer gold accumulation at the straight reach

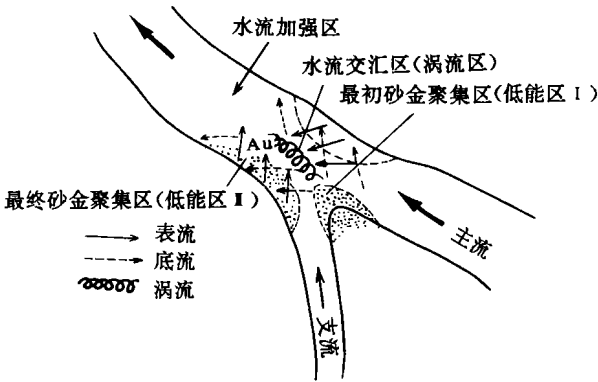


图 8 两河交汇处的水动力状态和砂金聚集

Fig. 8 Hydrodynamic state and placer gold accumulation at the convergence area of two rivers

在间歇性的洪水期,横向环流的底流总是指向凸岸缓坡谷底一侧,其流速可达 0.4~1.0 m/s,具有较强的侵蚀和搬运能力,从而使原先沉积的含金河

漫滩或砂坝沉积物遭受了不断的侵蚀和扰动,导致了研究区在砂金形成期河谷剖面很少保存漫滩细粒沉积物。频繁的环流扰动使河谷展宽及台阶状缓坡不断沿凸岸方向加积迁移。横向环流的底流对含金沉积物的不断扰动和分选,使该河段的砂金常常聚集于缓坡基底小隆起的平台部位^[2,5]。J. M. Hooke和 A. M. Hervey (1983) 研究了弯曲河段的地貌、次生流和横剖面水流速度后指出,在弯曲河段与顺直河段的过渡带(弯曲河段偏向下游的部位)存在明显的缓坡横向环流作用^[6]。当存在上隆和砾质砂坝的底床形态时,易产生垂向涡流作用,是河流流速明显减小的部位,有利于对含金的砂砾石沉积物进行充分的分选,从而使砂金最终聚集在该台阶状的缓坡谷底上(图 6)。

顺直河段形成由水位涨落或过水断面面积的改变而引起的双向环流。水位上涨时,双向环流的底流都指向河流中部,水位下降时,则相反,从而造成了顺直河段金大多呈相互平行的条带聚集于河道

的中部(图7)。无论是顺直河段还是弯曲河段,矿体的分叉和复合是由于河道发生侧向迁移和频繁的改变造成的。由于受局部河床底形影响而产生的次生环流可能是顺直河段较易形成次要矿层的原因。

两河交汇处的水动力条件取决于两河的规模形态及流速等因素。在两河交汇点附近的三角低能区易形成涡流,是砂金最初聚集的场所,但实际上砂金最终聚集在两河交汇点下游靠近支流的一侧。这很可能由于主流流速相对较大,横向环境产生的底流对原先形成于低能三角区的含金沉积物再次进行分选、搬运和沉积^[5]。河流交汇处的砂金最终聚集区恰好位于水流加强区和水流交汇点之间(图8)。

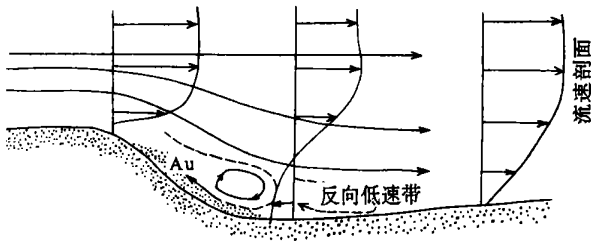


图9 形成于河流纵向河床底面的涡流与砂金聚集

Fig. 9 Eddy current forming at the bottom of longitudinal river with relation to placer gold accumulation

沿河流的纵剖面,在河床底部凸凹不平或有台阶状缓坡部位,流速降低而形成反向低速涡流区,有利于含金砂砾沉积物的分选和沉积,是砂金聚集的有利场所(图9)。

衷心感谢李思田教授、杨士恭教授、吴冲龙教授、烟台武警黄金十支队、招远县黄金地质队和胶州区调队对作者所提供的帮助。

参 考 文 献

- [1] 任明达,王乃梁. 现代沉积环境. 北京: 科学出版社, 1985, 77~ 88.
- [2] 沈玉昌,龚国元. 河流地貌学概论. 北京: 科学出版社, 1986, 85~ 152.
- [3] 李思田等译, G D Klein著. 砂岩沉积模式与能源矿产勘探. 北京: 1986, 地质出版社, 5~ 38.
- [4] W E盖洛韦, D K霍布德. 陆源碎屑沉积体系在石油、煤和铀勘探中的应用. 北京: 石油工业出版社, 1989, 45~ 68.
- [5] 戴问天. 砂金成因: 两次成矿模式,《地质与勘探》, 1989, (2): 1~ 6.
- [6] J M Hooke and A M Harvey. Meander changes in relation to bend morphology and secondary flows. Modern and Ancient Fluvial Systems, 1983, 121~ 132.

Accumulation of Modern Placer Gold in River and Its Hydrodynamics Explanation in the Northwest Area in Jiaodong

Zhou Jiangyu and Liu Changqing

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract

The Study area, one of the most important gold-producing areas in China and abundant in gold and placer gold reservoirs, is located in the northwest area of the Jiao Dong peninsula. The authors have mainly researched sedimentary features, the theories and methods of sedimentology and hydrodynamics, placer gold accumulation and hydrodynamics conditions of modern rivers in the area, by means of pointed out that placer gold in river accumulation is a dynamic process in close relation with mechanical mineralization and related to special river hydrodynamics. The underflow of the transverse circulation is greatly important to the formation of step gentle slope dip face of river valley and placer gold accumulation.

Key Words the northwest area in the Jiao dong peninsula river sedimentary environment placer gold fluid