

水下冲积扇——一个找油的新领域

孙永传等*

(武汉地质学院)

在我国东部地区第三纪的断陷盆地中发育着一种特殊类型的沉积——水下冲积扇。近年来,我们先后在黄骅拗陷下第三系的沙三段、沙二段的滨Ⅳ油组,以及河南泌阳拗陷下第三系核三段等层位的湖盆沉积中都见到水下冲积扇沉积或类似性质的沉积物。目前,在这些地区的这类沉积物中已发现丰富的油气资源,可能为找油提供一个新的领域和方向。因此,水下冲积扇的研究具有重要的理论和实际意义。

一、水下冲积扇的沉积特征

水下冲积扇是近源的山间洪水携带大量陆源碎屑直接进入湖盆所形成的水下扇形体。当含有大量负载的洪水进入湖盆时,除具有沉积物密度流(或浊流)的特性外,仍然表现出一定的冲积性质。因此,我们把它称

之为水下冲积扇,以便区别于深海盆地中所发育的海底扇。对泌阳拗陷核三段和黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组沉积时期所发育的水下冲积扇进行了解剖研究和综合分析,现将其沉积特征概括如下:

1. 水下冲积扇是分布在湖盆底部的扇形砂砾岩体。它们常呈裙边状分布于毗邻山区的湖盆陡岸地带。就单个水下冲积扇而言,其平面形态一般呈扇状;而在纵剖面中则呈楔形或下凸上凹的透镜状伸入到湖盆内。另外,水下冲积扇与山地源区之间往往有边界同生断层发育,从而使湖盆边缘形成具有一定坡度的断崖陡岸。例如,泌阳拗陷核三段沉积时期所发育的水下冲积扇就呈裙边状分布于湖盆边缘同生断层的下降盘一侧(图1)。黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组的水下扇亦有类似的产出特征(图2)。

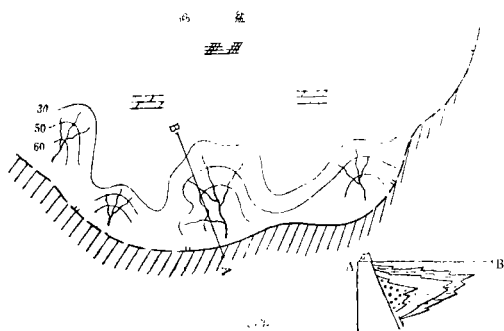


图1 泌阳拗陷核三段时期水下冲积扇的形态和分布简图 (据河南石油地质研究所1978年资料简化修改)

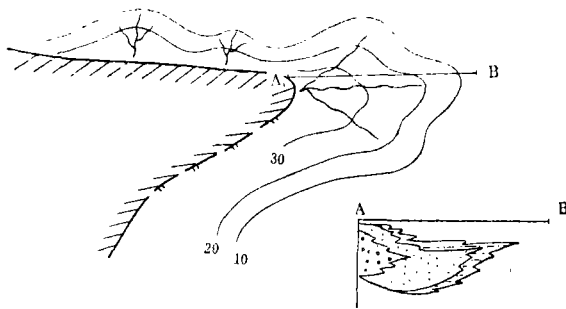


图2 黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组时期水下冲积扇的形态和分布简图

注: 文章的作者还有郑浚茂、王德发、李蕙生

水下冲积扇在形态和分布特征上类似于陆上冲积扇,但前者都发育在湖盆的底部,岩性主要为粗粒碎屑沉积物,夹在湖相暗色泥岩之间,构成砾岩、砾状砂岩、砂岩和泥岩的韵律沉积。单个韵律的厚度变化较大,一般为5厘米—2米不等。砂砾岩中含有少量碳化植茎和植屑。暗色水平纹理泥岩含有以淡水组合为主的介形虫、鱼骨和瓣鳃类化石,夹有薄层状灰质或泥质白云岩和油页岩。砂岩和砾状砂岩中往往含有少量的外来鲕粒和内碎屑。应当指出,在水下扇的根部沉积中有时见到具泥裂的黄绿色泥岩。这种现象表明,水下冲积扇有时尚露出水面,遭受风吹日晒,产生干缩裂纹。

2.水下冲积扇的主要岩石成因类型和沉积序列与浊流成因的海底扇相类似。根据岩性和沉积构造的特点其岩石成因类型归纳为以下六种,即基质支撑的(Matrix-supported)块状混杂砾岩、碎屑支撑的(Clast-supported)块状和递变状砾岩、递变层理砾状砂岩、块状砂岩、水平纹理砂岩以及具类似包马序列的“古典”浊积岩(Classic turbidite)。但有时在砾状砂岩中也可见到大型交错层理。

上述各种岩石成因类型按照一定形式组合成不同类型的沉积序列。水下冲积扇不同部位的沉积序列是不同的。扇根的沉积序列自下而上为混杂的块状砾岩和递变层状砾岩—砾状砂岩。扇中水下网状河道的沉积序列从下到上由递变层理砾状砂岩和水平纹理砂岩或块状砂岩组成。扇端的沉积序列主要为具类似包马序列的“古典”浊积岩,其中以C、D和E段组成的沉积序列为主。

3.水下冲积扇沉积的粒度分布很独特,它表现出密度流和牵引流沉积的组合型式。

根据黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组和泌阳拗陷核三段的粒度分析资料,扇中沉积的C/M图为急流型的牵引流沉积图式;而在扇中前缘和扇端部分则显示了浅水浊流沉积的C/M图式。扇中沉积的概率曲线具有特殊型式。它以悬浮总体为主,但含有一定数量的跳跃和滚动总体,而且其细截点较粗*。上述粒度分布特征显示了急流型的洪水性质。但扇端沉积的概率曲线表现出浊流型的较细粒悬浮沉积图式。

4.水下冲积扇成因的砂砾岩主要属成熟度**低的、具混杂结构的岩屑砂岩或砾状砂岩,有时尚与一定数量的外来鲕粒和内碎屑共生(见表1)。从表1中可以看出,在岩石类型上它们主要为成熟度低的岩屑砂岩或砾状砂岩,岩屑含量一般大于25%,个别可达50%以上,其成分因物源不同而变化很大。岩石结构成熟度亦较低,主要为大小混杂,分选较差的混杂结构;粗大的碎屑颗粒可与云母、长条状石英、长石等漂浮矿物共生。与典型浊流成因的杂砂岩不同之处在于粘土基质的含量很少,其平均含量一般少于2%。上述岩矿特征说明,水下冲积扇成因的砂砾岩具有近物源、搬运距离短和迅速堆积的沉积特点。

值得指出的是,具混杂结构的砂砾岩有时尚见有一定数量的鲕粒和内碎屑与之共生,其最高含量可达10%左右。鲕粒类型主要为表鲕和不对称鲕,而且常见有程度不同的磨损现象。内碎屑主要是泥晶灰岩和表鲕灰岩的砂、砾级岩屑。混杂结构与盆屑共生的这种反常现象不仅证明冲积扇砂砾岩的水下成因,而且还反映了鲕粒和内碎屑主要是从湖盆边缘由洪水水流冲刷搬运而来。当然,这并不排除部分鲕粒是在湖盆内部波浪所及

* 引自武汉地院、华北油田勘探开发研究院的“黄骅拗陷下第三系两体成因及沉积环境标志”。

** 成熟度即颗粒的分选磨圆程度。

的浅水条件下形成的。

表 1 黄骅拗陷8—55井沙二段Ⅳ油组砂岩成分和结构

成分或结构 岩性或 沉积环境		石 英	长 石	岩 屑	鲕粒和 内碎屑	基 质	胶结物	平均粒度 (毫米)	标准偏差	薄片数目
扇端 ↑ 扇根	粉 砂 岩	35	18	23	6.3	2.4	14.4	0.08	1.1	7
	中细砂岩	39	11.9	29.7	7.5	1.4	9.7	0.26	1.0	10
	含砾砂岩	25.3	10.3	46.3	4.0	0.2	12.9	0.42	1.6	3
总 平 均 值		35.5	13.8	29.9	6.6	1.6	11.8	0.22	1.12	20

5.在空间上,水下冲积扇沉积从根部到端部岩性由粗变细,分选性由差变好,厚度由厚变薄。随着岩性的变化,沉积构造和沉积序列也有规律地发生变化。

二、水下冲积扇各个带的沉积特征

根据其地貌和沉积特征可将水下冲积扇划分为扇根、扇中和扇端三个带。现将其各个带的沉积特征分别描述如下:

(一) 扇根的沉积特征

扇根位于水下冲积扇的根部,分布范围不大。其沉积物主要由砾岩和砾状砂岩组成,中夹灰绿、黄绿色泥岩,岩性横向变化大。扇根的沉积序列一般下部为基质支撑的或碎屑支撑的块状混杂砾岩;上部为递变层状砾岩和砾状砂岩(图3)。其顶部有时出现灰绿、黄绿色具泥裂的泥岩;底部则与下伏岩层呈突变冲刷接触。单个沉积序列的厚度一般在2—3米以上。但有时基质支撑的混杂砾岩可单独产出。

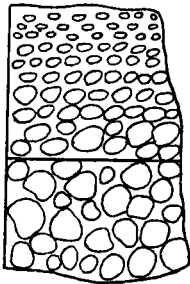


图 3 扇根部分的沉积序列示意图

基质支撑的砾岩主要由泥、砂和砾石混合而成,分选很差,有时尚见有同生期的泥砾。砾石最大直径在10厘米

以上,其成分随源区的母岩性质而变化;在自然电位曲线上表现为幅度不大的筒状,其顶部呈渐变形(图4扇根部分测井曲线的上部)。

碎屑支撑砾岩的特点是,砾石之间皆为大小不等的砂或细砾所填隙,与基质支撑的砾岩相比,其分选性明显变好。

递变层状砾岩和砾状砂岩,一般皆为正递变,自下而上由粗砾递变为中砾、细砾和砾状砂岩。偶见有中间粗而上、下都变细的双向递变砾岩产出。值得指出的是,砾石之间一般无较细的碎屑或粘土基质充填。

上述碎屑支撑的砾岩与正递变层状砾岩和砾状砂岩往往连续出现,构成下粗上细的沉积序列;因而在自然电位测井曲线上反映为浅齿的正陀形(图4扇根部分测井曲线的下部)。而双向递变砾岩的测井曲线特征为浅齿的反陀形(见图4扇根测井曲线的中部)。

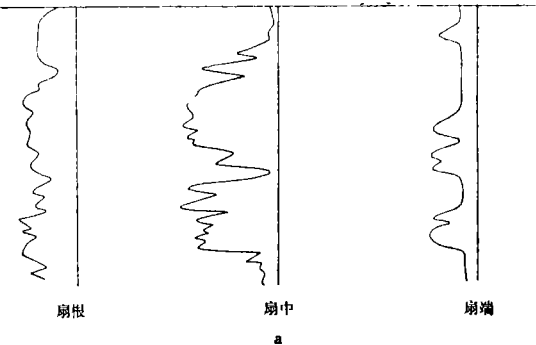


图 4 泌阳拗陷核三段水下冲积扇测井曲线特征图 (据河南石油地质研究所资料)

从岩性、接触关系和横向变化等特征来看,基质支撑的砾岩属泥石流或水下泥石流成因,有时尚可伴有滑塌作用发生。而碎屑支撑的砾岩和递变层状砾岩可能是洪水水流沉积作用的结果。由块状混杂砾岩、递变层状砾岩、砾状砂岩和灰绿—黄绿色泥岩所组成的下粗上细的沉积序列反映了由洪水水流所造成的水下河道的冲刷和充填过程,而且其水流强度逐渐衰减。当下一洪水水流来临时,可将其顶部的泥岩冲刷侵蚀掉,而使块状混杂砾岩直接与下伏的递变层状砾岩呈突变冲刷接触。

上述沉积作用在水下冲积扇的形成发育过程中不断地反复发生。因此,扇根部分的地层剖面主要由基质支撑的或碎屑支撑的块状混杂砾岩和递变状砾岩—砾状砂岩中夹灰绿、黄绿色泥岩而构成;在电测曲线的组合特征上则表现为参差不齐的、低幅度的陀形和筒状曲线(图5)。

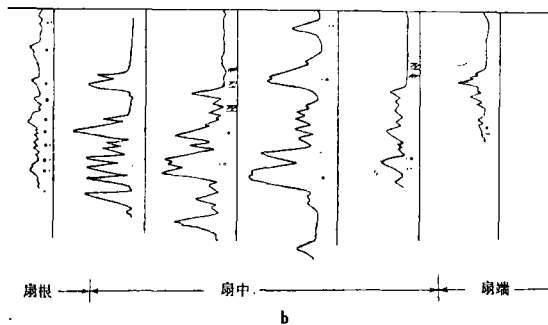


图5 黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组水下冲积扇的测井曲线特征图

(二) 扇中的沉积特征

扇中是水下冲积扇的主体部分,它占据了水下扇的大部分面积。其岩性主要由砾状砂岩、砂岩和泥岩的互层组成,而且岩性横向变化较大。据泌阳拗陷核三段和黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组数口井的岩心观察和研究,扇中部分的沉积序列基本上有三种类型。

第一种类型自下而上由块状混杂砾岩、

递变层理砂砾岩、水平纹理砂岩和块状或水平纹理的灰绿色泥岩组成,单个沉积序列的厚度一般为0.5—3米。与扇根的沉积序列相比,其特点是块状砾岩和递变状砂砾岩层不发育,粒级较细。另外,偶尔在递变层理砂砾岩和水平纹理砂岩之间尚见有大型交错层理砾状砂岩和滚动砾石。

第二种类型沉积序列,下部为递变层理砾状砂岩,中部为块状砂岩,顶部是灰绿色泥岩,其厚度一般在1米左右。

第三种类型从下到上由递变层理的砾状砂岩或砂岩,水平纹理砂岩或粉砂岩组成。单个序列的厚度为5厘米—1米左右,其厚薄变化明显与粒度有关。

上述三种沉积序列类型在特征上有相似之处:①各种类型的沉积序列都属于下粗上细的正韵律;②其序列的主要组成单位为递变层理的砂砾岩和水平纹理砂岩或块状砂岩;③与下伏层为冲刷接触或突变接触;④序列顶部的泥岩常因遭受冲刷侵蚀而不存在。但是,它们之间存在着差异:从第一种类型到第三种类型,其序列组成由完全到不完全,序列厚度由大变小,沉积物的粒度由粗变细。这种变化不仅与源区供给的沉积物的粒度范围有关,而且主要取决于沉积物在扇中所处的位置和沉积介质的流动的强度。这种变化反映了沉积介质的流动强度从扇根向扇中前缘方向由强逐渐变弱。因此,在地层剖面中,上述沉积序列类型往往也是按着一定的顺序有规律地发育。

扇中沉积物的粒度分布特征表现出冲积的性质。据黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组水下扇中部一个沉积成因单元所作的C/M图分析(图6),其图形只有P—Q—R段,而且C值变化很大,从7500 μ 到200 μ ,最大搅动指数Cs值为900 μ 。这表明水流搅动能较大,而且主要是以滚动和递变悬浮方式搬运。该图形和上述结构参数与美国加利福尼亚州佛

雷兹诺陆上冲积扇网状河流沉积部分所作C/M图很相似(图7)。这说明扇中发育有间歇性水下河道沉积。

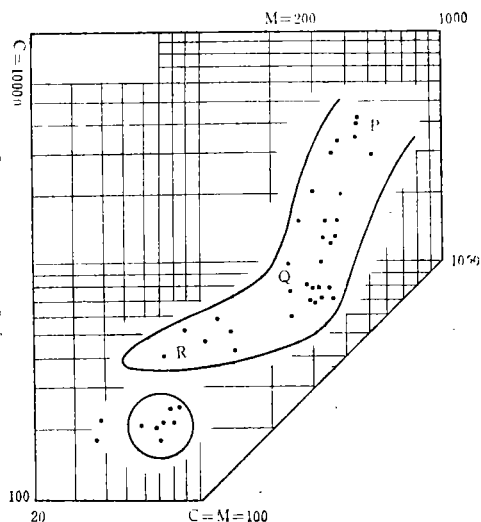


图6 黄骅拗陷××井滨Ⅳ油组水下冲积扇中沉积的C/M图

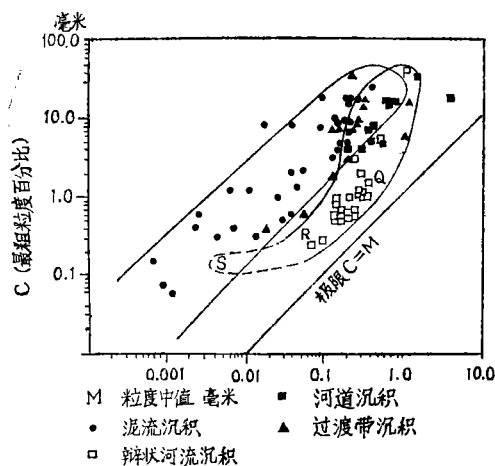


图7 美国加利福尼亚州佛雷兹诺陆上冲积扇沉积的C/M图(据布什)

泌阳拗陷核三段××井扇中沉积物所作C/M图,虽然从总体来看为一平行C=M基线的密度流,但其样品点密集部分却仍然构成一明显的,P—Q—R—S完整的河流型图形(图8)。这说明扇中部分主要还是发育了水下河道沉积。至于河流型图形之外,平

行于C=M基线的密度流沉积,则是由于洪水水流漫出水道之后所形成的。

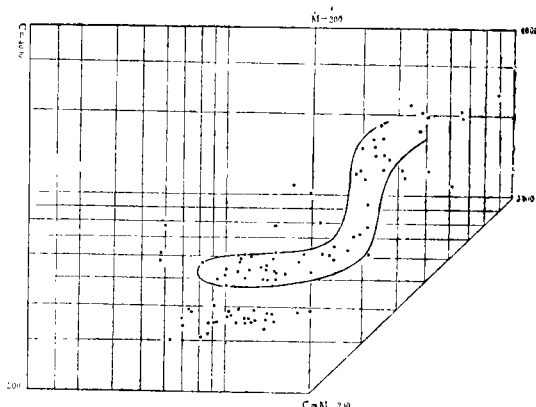


图8 泌阳拗陷××井核三段水下冲积扇中沉积的C/M图

另外,从扇中水下河道砂岩所作的概率图来看,其曲线可区分为三个总体,其中以悬浮总体最为发育,占60—80%,分选差;也有跳跃总体出现,但含量不大,占20—30%,分选较好;牵引总体则占1—5%,细粒点比较粗, $S = 1.5\phi$,相当于中粒砂级已进入悬浮总体中,说明水流搅动能量较大。上述粒度分布特征表明,沉积物搬运距离不长,沉降迅速,颗粒加工不充分,属近源急流型的水下河道沉积,具明显的洪水水流性质。

此外,无论从黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组和泌阳拗陷核三段水下冲积扇沉积整个组段所作砂岩等厚图(见图1、2),还是从某个砂层的砂岩等厚图(图12来看),扇中部分的砂砾岩体的形态在平面上都呈分支的网状延伸,如图9可显示出四条主要分支河道。而在横剖面中它们则呈透镜状产出。

综合上述沉积序列,接触关系。砂砾岩体的几何形态,特别是粒度分布资料的分析,扇中部分的沉积物主要应属洪水水流成因的水下网状河道冲刷充填沉积。至于网状河道之间的地区则是由洪水水流漫出水下河道之后所形成的低密度浊流沉积。

河道砂砾岩层在地层剖面中一般都夹在湖相暗色泥岩层之间，而砂砾岩本身也都含有数量不等的再沉积盆屑，如表鲕和内碎屑等。

扇中部分的水下网状河道沉积的自然电位测井曲线表现为陀形或幅度较大的块状一箱形。其底部曲线常呈突变或急变接触（见图4和图5扇中部分测井曲线），反映水下河道侵蚀冲刷的特点。

（三）扇中前缘和扇端的沉积特征

扇中前缘和扇端沉积分布于水下冲积扇的末端，在平面上呈凹凸不齐的环带状。岩性主要由砂岩、粉砂岩和湖相暗色泥岩组成。在横向上岩性变化不大，各井之间的可比性较强。在沉积序列上，它们与包马序列相类似，因此应属低密度的浊流成因。目前所见到的沉积序列类型有以下几种（图10）B、C、D、E型，C、D、E型和D、E型等。其中以C、D、E类型最为常见。到目前为止，尚未发现A、B、C、D、E完整的沉积序列类型。单个沉积序列的厚度一般为5厘米—0.5米不等。现将其各组成部分的特征描述如下：

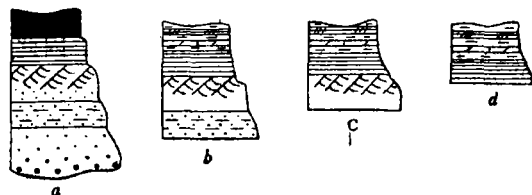


图10 扇中前缘和扇端的沉积序列类型示意图

a) 完整的包马序列（A、B、C、D、E）；
b) BCDE类型；c) CDE类型；d) DE类型

B段（下水平纹理段）：主要由不明显

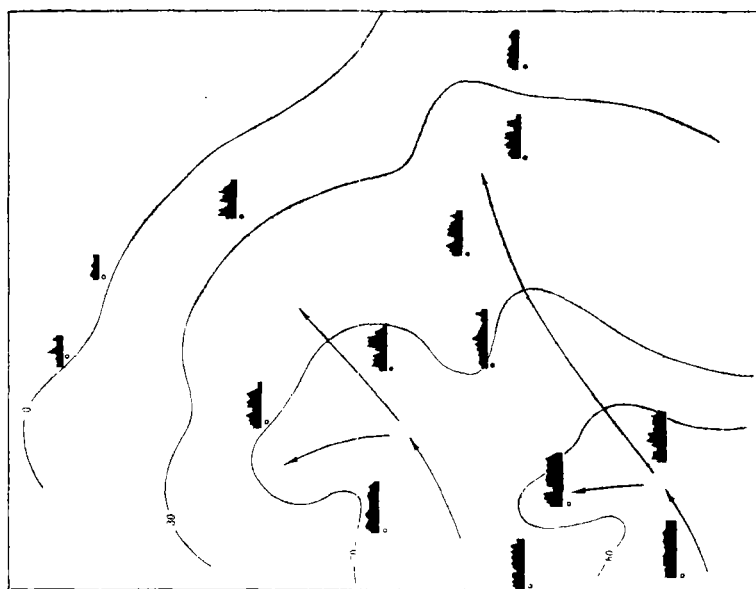


图9 泌阳拗陷核三段XX砂层砂岩等厚图和测井曲线类型图

（据河南石油地质研究所资料简化修改）

的水平纹理中细砂岩组成，其纹层主要由长条状陆屑、炭屑或云母片等片状矿物的定向排列而显示。

C段（水流波痕纹理段或变形层理段）：岩性一般为粉细砂岩，常显示水流波痕纹理或波状交错层理。有时因滑动作用或其他原因而使波痕纹理发生变形，形成变形层理。常有小型重力断层伴生。与下伏岩层常为突变接触。

D段（上水平纹层段）：一般由粉砂岩和粉砂质泥岩组成，显示明显的水平纹理，沿纹层面常分布碳屑或植屑。

E段（块状泥岩段）：一般由暗色泥岩和粉砂质泥岩组成，有时因颜色或成分不同而显示水平纹理。本段常夹有劣质油页岩和薄层灰质白云岩。含鱼化石、介形虫和炭化植屑。它们实际上主要属湖泊或湖湾沉积。

在单个沉积序列中，从B段到E段的变化次序反映了浊流流动强度逐渐减弱的沉积过程，它在粒度分布上则表现为从下到上由粗变细的变化。

在平面分布上,上述三种沉积序列类型从扇中前缘到扇端部分依次出现。它们三者在内部组成和沉积构造特征上虽然有共性,但也有差异。表现在各种类型开始的“段”不同;其他特征也有规律的变化:从第一种类型到第三种类型,砂岩的厚度逐渐减薄,粒度和砂泥比也逐渐变小。这种变化特征反映了从扇中前缘到扇端部分浊流的流动强度逐渐衰减的过程。C、D、E和D、E两种沉积序列还发育在扇中水下网状河道之间的地区,是洪水水流溢出水下河道之后所形成的低密度流产生的。

在粒度分布特征上,从黄骅拗陷滨Ⅳ油组水下冲积扇所作C/M图来看,扇中前缘和扇端沉积物属浅水浊流型沉积图(图11)。图左是位于扇中前缘的C/M图。图形明显地分为上、下两部分。上部C值大于1000 μ ,M值为300—400 μ ,样点较少而且分散,反映水流底部存在有少量滚动方式搬运的颗粒;下部C值从1000 μ 至20 μ ,样点密集,并形成一基本平行C=M基线的长条图形,C/M比值为3.3。由此可见,它们应属浅水浊流性质。扇端的C/M图就不存在滚动部分(图11右侧),均为平行于C=M基线的浊流型沉积。同时,该图形向细端逐渐变平,有过渡到均匀悬浮之势。

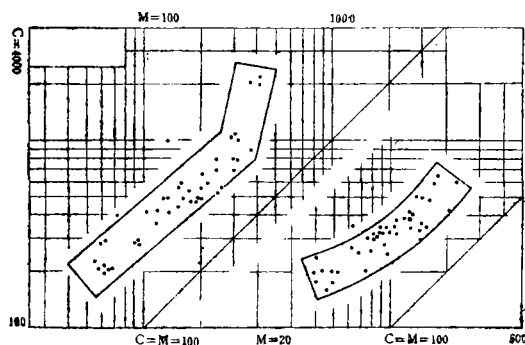


图11 黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组扇中前缘和扇端沉积的C/M图

根据粒度分布的概率曲线分析,扇中前缘和扇端沉积主要为浊流型的较细粒悬浮沉积,分选不好。

综合上述沉积序列和粒度分布特征资料分析,扇中前缘和扇端部分的沉积物是由洪水水流所携带的粗粒碎屑物质卸载后所产生的低密度浊流形成的。在地层剖面中则由似浊积岩和湖相暗色泥岩组成,而且是泥多砂少。因此,在自然电位测井曲线上表现为以正向为主的稀疏的低距齿形(见图4和图5的扇端曲线)。与扇中部分相比,扇中前缘和扇端的岩性在横向上变化不大,各井之间的可比性强,砂岩主要呈薄的席状产出。这些特点表明,该处基本上已无水下河道发育,地形也比较平缓。

三、水下冲积扇沉积序列的特征

上面所谈到的扇根、扇中和扇端部分的各种沉积序列类型,在地层发育过程中按着一定次序有规律地分布。它们可以有机地组成大型沉积序列或地层层序,其厚度变化范围一般为25—50米。根据各种沉积序列的分布发育特征,可将大型沉积序列概括为三种类型:反旋回、正旋回和对称完整旋回(图12)。

(一) 反旋回大型沉积序列

从总体来看,该序列自下而上粒度由细变粗,层厚由薄变厚,也就是说它是一个向上变粗和变厚的反旋回沉积序列。这种特征是由于水下冲积扇不断前积的结果。因此,在层序的下部扇中前缘和扇端部分的似浊积岩前积在湖盆泥沉积之上,而在层序的中部和上部依次为扇中和扇根的水下河道充填沉积所覆盖。但应指出,在这个总的层序的基础上,下部可选加次一级的下细上粗的反韵律沉积;而中、上部可选加次一级下粗上细的正韵律沉积。这种类型的大型沉积序列在

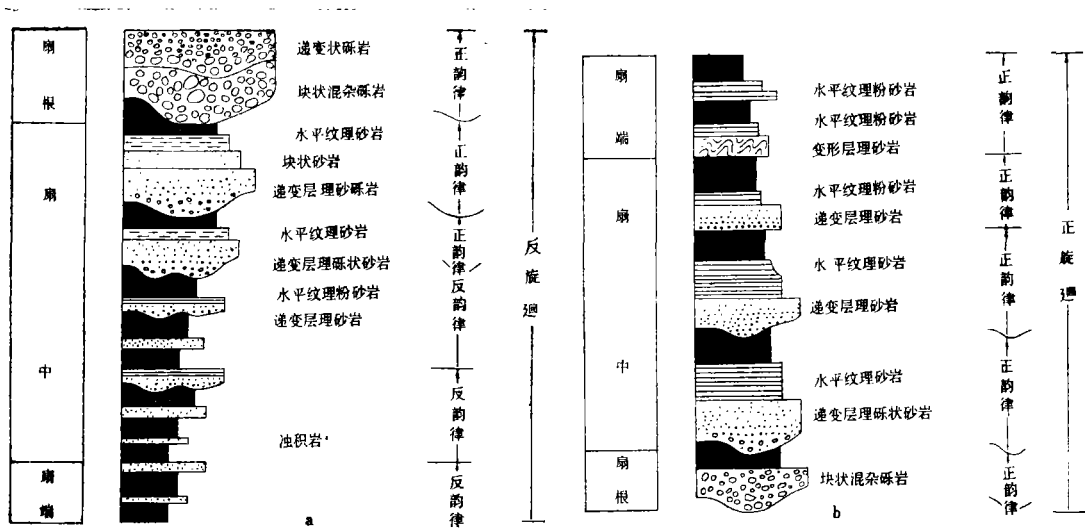


图12 水下冲积扇大型沉积序列类型

(a) 反旋回大型沉积序列

(b) 正旋回大型沉积序列

泌阳拗陷的核三段较为常见。

(二) 正旋回大型沉积序列

该类型沉积序列的特点与上述沉积序列恰恰相反，它是一个向上变细和变薄的正旋回沉积序列。这是由于水下冲积扇的后积作用或冲积扇朵的逐渐转移废弃而造成的。因此，在沉积环境上自下而上依次由扇根沉积变为扇中和扇端沉积，显示了正旋回的沉积特征。黄骅拗陷沙二段滨Ⅳ油组常见到这种大型沉积序列类型。

(三) 对称的完整旋回大型沉积序列

这种类型实际上是上述二种层序类型迭合的结果，它反映了一个水下冲积扇或冲积扇朵在前积作用的基础上，而后逐渐转移废弃的过程。与上述两种类型相比，该沉积序列的厚度往往较大一些。

在水下冲积扇沉积所组成的地层剖面中，上述类型的大型沉积序列反复出现，这可能和边界同生断层或洪水的周期性活动作用有关。

应当指出，图12中所表示的反旋回或正旋回的大型沉积序列是一个完整的理想序列。但在实际地层剖面中往往由于冲积扇朵

的突然废弃或洪水水流强度的突然增加而使上述序列发育不全，或者出现所谓“跳相”的现象。例如，在泌阳拗陷××井1525米附近就见到一层具双向递变层理的水下河道充填砾岩切入扇端部分似浊积岩的沉积层序中。

四、水下冲积扇的沉积模式

和形成条件的初步分析

根据水下冲积扇上述沉积序列类型的性质和分布、砂砾岩体的几何形态以及与现代海底扇地貌特征的比较，我们提出了一个水下冲积扇的沉积模式（图13）。该模式可以作为古代沉积环境解释和预测的基础。由图13可看出，水下冲积扇的地貌特征及其沉积水动力条件，在不同的沉积部位变化很大，但它们之间是有着成因联系的。

扇根是水下冲积扇的水下主河道分布发育区，但有时可局部或大部露出水面。据粒度分布和沉积构造分析，水下冲积扇形成的水动力为近源的洪水。当山洪暴发时，洪水携带着大量的陆源碎屑直接进入湖盆。由于湖盆边缘的坡度较陡和洪水流动的惯性作

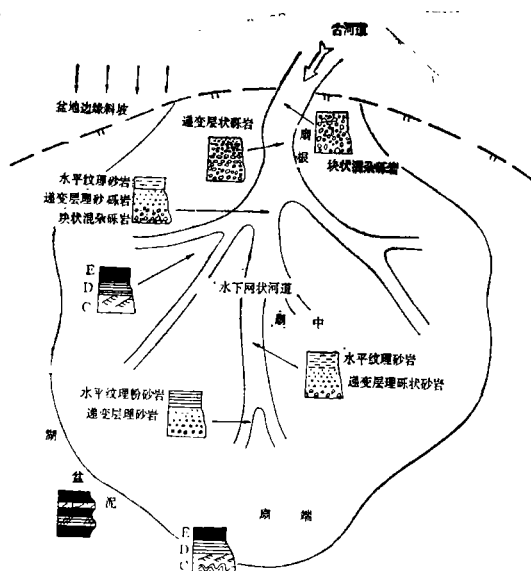


图13 水下冲积扇的沉积模式

用, 它除具有沉积物密度流(或浊流)的特性外, 仍然表现出一定的冲积性质。因而洪水水流冲刷侵蚀湖底形成水下河道, 并且由于坡度的突变而迅速堆积了以滚动和递变悬浮搬运方式为主的块状和递变层状砾岩和砾状砂岩。但有时在扇根部分也有泥石流或水下泥石流发生。由泥、砂和砾石混杂的、密度极大的粘稠块体, 在重力作用下沿着一定的斜坡向下滑动, 其结果便形成分选差的、基质支撑的块状砾岩。一般来说, 扇根分布不广, 其沉积物的搬运距离也不长。

随着远离扇根, 湖底坡度变缓, 洪水水流开始分散, 但仍然保持一定的水流强度, 于是便形成了水下网状河道极为发育的扇中部分, 它是水下冲积扇的主体, 是沉积物的主要堆积区。堆积了以递变悬浮和滚动搬运方式为主的递变层理砾状砂岩和水平纹理或块状砂岩沉积。由于水下网状河道较浅, 当洪水水流较大时便可溢出水道, 形成网状河道之间的低密度浊流的砂泥岩互层沉积。不过由于水下河道的侧向迁移, 它们往往不容易被保存下来。

随着搬运距离的增加, 洪水水流的能量

逐渐损失, 它所携带的, 以滚动和跳跃方式搬动的粗粒碎屑物质绝大部分堆积在扇根和扇中地区。因此, 当含有大量悬浮物质的强搅动洪水水流到达扇中前缘和扇端时, 由于粗粒碎屑物质的卸载作用而以整体悬浮的低密度浊流方式搬运和堆积其负载, 形成了类似包马序列的浊积岩。这里基本上已无水下河道形成, 地形平缓, 并且向湖盆方向逐渐过渡为湖相泥岩沉积。如果水下冲积扇是在波浪所及的浅水条件下形成时, 扇中前缘和扇端沉积尚可受到一定程度的波浪改造作用。

另外, 水下冲积扇往往沿着湖盆边缘的边界同生断层或断裂带发育。同生断层使湖盆与源区之间呈比较陡的断崖接触。因而湖盆边缘具有一定的坡度, 这为水下冲积扇的形成提供了必要的先决条件。当洪水从源区携带大量陆源碎屑进入湖盆时, 由于坡度突然变化、流速迅速降低, 其负载便在湖盆边缘很快堆积下来, 形成水下冲积扇。如果在沉积过程中边界同生断层持续活动的话, 就可使源区不断上升, 湖盆不断下沉并接受沉积, 为水下冲积扇的进一步发育和保存创造了有利条件。因此边界同生断层控制了水下冲积扇的形成和发育。

综上所述, 水下冲积扇形成的根本条件是: 近物源、湖盆边缘坡度突然变化、间歇性的洪水; 长期稳定下沉的“箕状断陷”的陡侧和具有同生断层发育的古隆起或古岛附近。目前所发现的水下冲积扇形成的古沉积环境背景一湖泊或湖湾, 往往具有一定的封闭性, 而且波浪作用不强。当然, 这个条件并不是水下冲积扇形成的必要条件; 但对于水下扇的保存来说, 它却是一个有利的因素。

水下冲积扇与前积型的近源三角洲不同。近源三角洲虽然由于距离源区较近, 因而在三角洲平原沉积中可发育分支河道的粗

粒碎屑沉积,而在三角洲前缘沉积中,局部也可以出现由浊流和重力滑动作用所形成的砂泥互层的韵律式沉积。但从总体来看,它们仍然主要是由板状—槽状交错层理砂岩和波痕交错层理粉砂岩组成,与水下冲积扇沉积中所发育的岩石成因类型截然不同。这说明前积型的近源三角洲沉积主要还是河流的水流作用和波浪作用相互作用的结果。而水下冲积扇沉积虽然具有一定的冲积性质,但主要还是沉积物密度流(或浊流)的产物。

五、水下冲积扇的含油性

水下冲积扇主要由砂岩、砾状砂岩、砾岩和湖相暗色泥岩频繁互层组成;在空间上则直接伸入到湖相泥质沉积物中。是被生油岩所围绕的高产储层。

水下冲积扇成因的砂岩、砾状砂岩和砾岩,虽然岩性粗、分选差、岩性变化大,但由于粘土基质含量低,碎屑颗粒之间多系颗粒支撑,故比较松散。如果它们未被次生碳酸盐矿物所胶结,其储油性能良好,而且单层厚度大,故可成为良好的储油层。水下冲积扇成因的砂砾岩和湖相暗色泥岩的互层沉积可以构成良好的生、储、盖组合。事实上,目前已在这种类型沉积物中发现丰富的工业油流,甚至砾岩亦可储油。水下冲积扇往往发育在构造背景活跃的断陷盆地中,所以常形成储油层多,厚度大的含油岩系。

从沉积环境的角度考虑,水下冲积扇的扇中部分,由于具备良好的生、储、盖组合,最有利于油气的出集。扇根部分,虽然储砾岩层发育,但无良好的盖层。扇端部分,虽然距离油源近,但由于砂层多为泥质和碳酸盐矿物所胶结而变得致密坚硬,砂岩层也较薄,不能形成良好的储集层。结合区域构造条件分析,油气主要聚集在生油深凹陷周围水下冲积扇沉积的上倾尖灭带,或古

隆起的斜坡地带。

我国东部地区新生代发育着许多断陷盆地,特别是那些断陷很深的“口袋式”箕状断陷盆地,具备形成水下冲积扇沉积的有利地质条件。因此,今后在断陷盆地找油时应当重视寻找和研究这种类型的沉积物,它可能为找油提供新的领域和方向。

本文内所用的有关黄骅拗陷的部分资料是我们和大港油田岩相组的张服民同志共同合作完成的;有关泌阳拗陷的部分资料是河南石油地质研究所泌阳组的同志提供的。我院的陈发景和何镜宇教授曾对本文提出宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 郑浚茂等:黄骅拗陷几种砂岩体粒度分布特征及其水动力条件的初步分析《石油实验地质》1980年第二期
- [2] 李继亮,陈昌明等,我国几个地区浊积岩系特征,地质科学,1978, № 1 26—44页
- [3] 布尔W. B. (赵锡文译),地层中冲积扇沉积物的识别,1972
- [4] Walker, R. G., A. A. P. G., V. 62, № (1978), 932—966.
- [5] Normark, W. R., A. A. P. G., V. 62, № 6 (1978), 912—931.
- [6] Irgersoll, R. V., Sedimentary Geology, 21 (1978), 205—230.
- [7] Heward, A. P., Sedimentology, 25 (1978), 451—488.
- [8] Flores, R. M., A. A. P. G., V. 59, №12 (1975), 2288—2301,
- [9] Reineck, H. E. & Singh, I. B., Depositional Sedimentary Environments, Springer—Verlag Berlin Heidelberg New York, 1973, 253—258
- [10] Klein, G. dev., Sandstone Depositional Models for Exploration for Fossil Fuels, 1975.