

# 水进河床充填砂体在古代沉积中的发现

——四川盆地中西部上三叠统某些砂体的成因探讨  
并试论水进型三角洲

罗启后

(四川石油管理局地质勘探开发研究院, 成都)

四川盆地中西部(图1)上三叠统(即原“香溪群”)几个主要砂层的沉积环境, 经与许多古今沉积对比, 发现它们与现代河口地区的水(海)进河床充填砂体(简称水进河床砂体或水进河床沉积, 下同)颇为相似, 于是将其定为此种微相类型。

所谓水进河床充填砂体, 是水进期间沉积物填充河湖(或海)交汇地带的河道所形成。这种沉积体, 近年来先后在我国长江口、珠江口、滦河口的现代沉积中被发现。据报导, 非洲的尼日尔, 美国的密西西比与拉瓦卡等河的河口附近亦有此类砂体存在。从许多古代沉积的实际资料看, 在河湖(海)交汇地带, 水进期的河道充填砂体更常见。由此可知, 这种沉积是普遍存在的, 也是可以保存下来的。

根据四川盆地中西部上三叠统的实际资料, 本文指出了有水进河床砂体存在的事实, 并从古今河湖(海)交汇地带都广泛存在水进期沉积这一认识出发, 提出了“水进型三角洲”模式的设想。认为它是三角洲按演化分类的一种端元类型, 其代表性微相便是水进河床充填砂体。

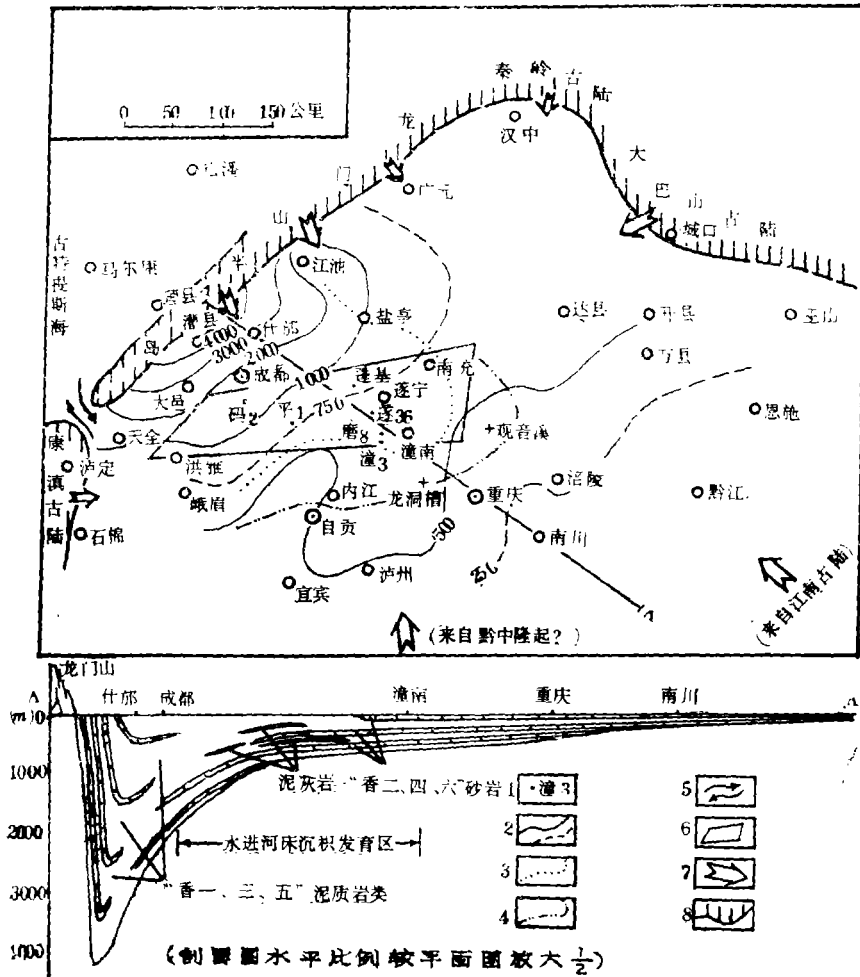
## 一、“香溪群”中存在水进河床充填砂体的证据

### ——水进河床沉积的特点

“香溪群”是一套含有丰富油气和煤层的砂泥岩地层, 它在整个四川盆地中均有分布。但其厚度、岩性变化颇大, 自东而西, 厚度由数十米变至4000余米, 岩性既有砂岩、泥页岩, 也有砾岩、灰岩。由厚度、岩性、生物化石、沉积特征等资料分析, “香溪群”沉积时的四川盆地是一个四面环山, 西陡东缓, 极不对称的拗陷盆地(图1), 湖泊主要发育在盆地西部, 是与西侧的古特提期海相通的滨海湖泊。

本文研究区处于盆地中西部的平缓斜坡上, 是相对最稳定的地区。此区的地层厚度小, 岩性变化也小, 纵向上均可清楚地分为六段, 自下而上依次称为“香一、二、三、四、五、六”, 其中一、三、五段主要为泥质岩类, 二、四、六段主要为砂岩。

据对该区若干钻井所取的约2000米(主要是“香二”砂岩)岩心观察和有关的分析鉴定资料, 发现这些砂层中有不少应属水进河床沉积。下面以潼3井“香二”顶部砂岩为



1.井位与井号 2.等厚线 3.“香二”期湖岸线 4.“香三”期湖岸线 5.湖海通道 6.研究区  
7.物源方向 8.古陆边界

图1 四川盆地上三叠统沉积概况与研究区位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sedimentary complex in the Upper Triassic of Sichuan Basin and the position of the investigative area

例来说明。

如图2所示,这段砂岩厚28米,主要为中、细粒岩屑长石石英砂岩。根据下列特点将其定为水进河床砂体。

1.此层砂岩的上覆层“香三”为灰黑色页岩夹深灰色薄层灰质粉砂岩与泥灰岩,属湖泊沉积。下伏层为大型板状、槽状交错层理较发育,冲刷作用较明显,含泥砾的中粒岩屑长石石英砂岩,属分支河道沉积(陆相)。

2.本段砂岩中、下部为中粒,上部为细-中粒,顶部为粉砂,再往上为“香三”泥质岩类段。自下而上基本是一个连续的正粒度韵律。

3.层理不甚发育,大部为不显层纹的块状(均质)层理。而且如此厚的一套砂岩

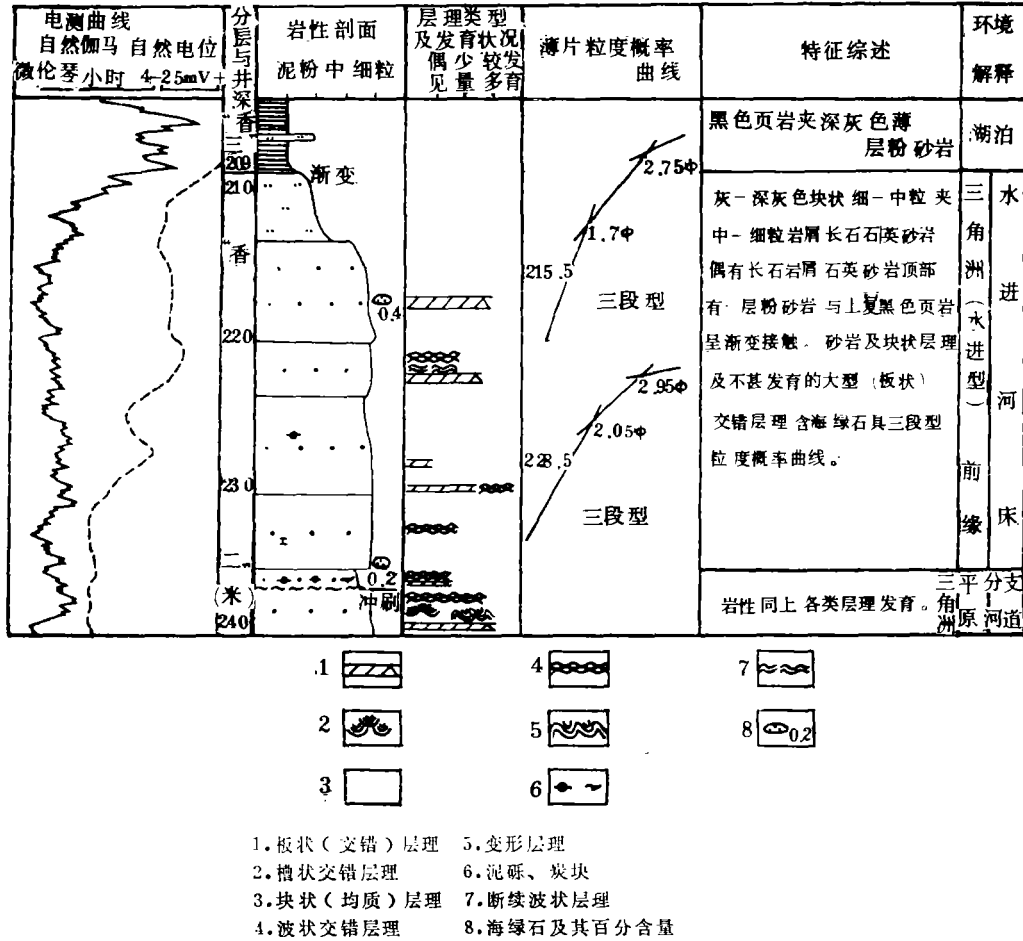


Fig. 2 Sedimentary environment analysis at the top of the "Xiang-2" sandstone of Tong-3 Well

表1 研究区“香二”砂岩中的海绿石与标准海绿石的成分比较分析

Table 1 Comparison of the composition of the glauconites in the "Xiang-2" Sandstone with normal glauconites

样品号	颜色	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	CO <sub>2</sub>	鉴定结果	备注
磨8井7号		0.55	1.88	23.38	49.28		8.93	0.49	0.06	0.02	5.74		海绿石	
东海现代沉积		0.44	4.87	23.82	44.65	0.15	4.48	1.62	0.29		25.26	0.62	海绿石	颗粒状
南1(雷州半岛)	墨绿	0.06	4.09	5.98	53.20	0.02	7.02	0.62	0.05	0.05	26.14		海绿石	
A <sub>2</sub> (苏北阜宁群)	翠绿	0.02	4.46	20.42	54.37		9.16	0.55	0.20	0.05	7.54		海绿石	
西005号(长江口)	暗绿	0.05	5.30	14.61	29.72	0.08	0.24	0.60	0.11	0.46	37.02		绿泥石	

(本文样品为桂林冶金地质所协助分析)

中,无明显冲刷现象存在。

4.含海绿石。据轻、重矿物鉴定,电镜扫描、能谱分析及电子探针分析(表1),在本井和四川盆地中西部上三叠统其他许多剖面的砂岩中均发现有海绿石存在。含量虽不多(一般0.1%,多者也仅0.4%),但较常见。由其形态(团粒状、不规则粒状等)、结构(细鳞片状、似花瓣状、短纤维状的雏晶或微晶集合体微细结构等)的多样化,颗粒周围不具铁质氧化褐色周边以及部分颗粒具原生裂隙等特征表明,它们显然不是自陆源搬来而是盆内自生的。从分布上看,它在盆地中西部常见,而东南部近物源方向基本未发现。

5.具三段型粒度概率曲线。对本段的块状砂岩和偶具斜层纹的砂岩所作的粒度分析,绘出的概率图均属跳跃总体分成了两个次总体的三段型。它们的跳跃总体总含量达90%左右,其中细粒次总体占25~55%,粗粒次总体占65~35%,粒度变化范围为 $0.75\phi \sim 2.95\phi$ ,斜率 $60^\circ \sim 70^\circ$ ,表明分选为中-好。悬浮总体占10%左右。未见牵引总体。附近其他井相应层段所作的粒度曲线亦属三段型。

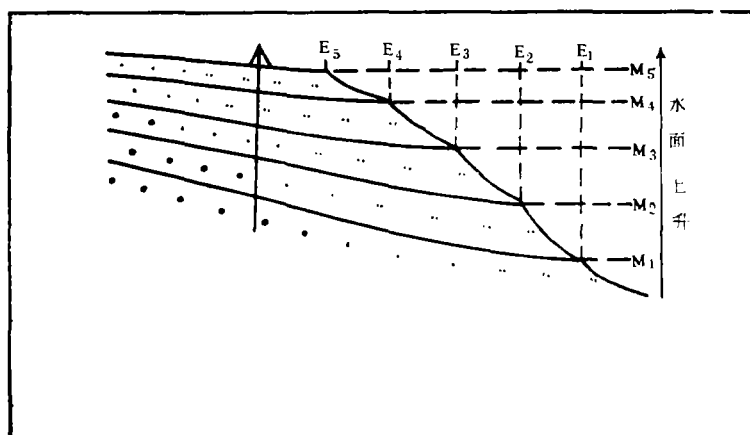
6.下伏层“香一”中含典型海相的腕足、菊石及瓣鳃类等动物群,上覆层“香三”中含半咸水瓣鳃类动物群。潼3井“香三”段泥质岩类无岩心,未直接在此井中找到化石,但在其西北方向的蓬21井、码2井“香一”中找到了菊石、腕足和瓣鳃类缅甸蛤(*Burmesia sp.*)、海燕蛤(*Halobia sp.*)等,在其东南的华蓥观音溪、西山龙洞槽剖面的“香三”中找到半咸水瓣鳃类褶顶蛤(*Myophoriopsis sp.*)、?蚌形蛤(? *Unionites sp.*)。川西、川西北地区不仅“香一”普含海相化石,而且“香三”、“香五”中也时有所见。如中坝川19井“香三”中有古栗蛤(*Palaeonucula sp.*)、浦江大参井“香五”中有线纹藻、有孔虫等。半咸水瓣鳃类则十分繁盛,偏顶蛤(*Modiolus sp.*)、云南蛤(*Yunnanophorus sp.*)、二叠蛤(*Permophorus sp.*)、?蚌形蛤等在川西各剖面的从底到顶均可见到。显然,“香三”、“香五”时期是有水进的。那么,夹于“香一”海湾沉积与“香三”水进期沉积之间的“香二”顶部砂岩必然形成于过渡环境。

7.从整个晚三叠世的沉积概况与“香二”、“香三”期的湖盆分布范围看。如图1横剖面所示,随着时间的推移,“香溪群”各段是逐层往东南方向超覆的,早期沉积仅分布于川西拗陷。中、晚期的沉积才逐渐达到川东、川南。同时,二、四、六段砂岩往西逐渐分叉相变为泥质岩类,且自南东往北西,以“香六”分叉较快。另外,“香三、五段”中在盆地中西部还出现泥灰岩层。这些均反映了西部已属湖泊环境,中、晚期湖盆范围往东南方向逐渐扩大。但是,处于岸线附近的砂层中未见明显的、以其反粒度韵律之河口砂坝为特征的水退型三角洲沉积。

由地壳活动情况亦可知,晚三叠世中晚期盆地西北部处于相对上升区(山前堆积了大量碳酸盐岩砾岩层即是证明),东南侧相对下降,于是水盆地必然要不断向东南方向扩展。例如“香三”期的湖盆分布范围较“香二”期便显著扩大(图1),即水体不断向陆地方向进侵,造成了发育水进沉积的条件。

上述特点的形成,认为是由于在沉积率<水面上升速度的条件下,水面相对逐渐上升,河口不断向上游方向后退(即水进),使细粒沉积物依次超覆在粗粒之上,从而形

成下粗上细的正粒度韵律。至其顶部，因水面继续上升而形成湖泊相泥质沉积。此即水进河床砂体的形成过程，亦即是其具正粒度韵律和上覆为湖泊沉积的原因（图 3）。由于水进，湖水侵入河道，河流所携沉积物未出河口便受湖水顶托，发生快速堆积，因而



$M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $M_4$ 、 $M_5$ 各时期水(海)面位置  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$ 、 $E_5$ 、一相应时期河口位置

图 3 水进河床砂体发育过程示意

(引自李从先, 1979)

Fig. 3 Schematic diagram developed process of watertransgression cauce filling sand-bodies (after Li Congxian, 1979)

形成发育的块状层理。相反，因单向水流减弱，斜层理及冲刷现象不如纯河流相发育。而且，这种沉积如同典型三角洲的前缘河口坝一样，受河流与湖浪或湖流两种水动力条件的共同作用，因此它也具河口坝砂中常见的三段型粒度概率曲线。同时，如前所述，区内上三叠统含海相和半咸水生物群，反映湖盆常有海水进入，因此具备海绿石的形成条件（与现今委内瑞拉的马拉开波湖类似）。

基于潼 3 井“香二”顶部砂岩的上列特点及其形成机理，本文将它定为水进河床充填砂体。研究区内其他各井“香二”顶部砂岩也具这些特点，亦是以此种模式演变到“香三段”中、下部的湖泊沉积的。

该井以及区内其他井的“香二”顶部水进河床砂体之下，尚有厚达百米以上、仍属“香二段”的浅灰-灰白色中、细粒长石石英砂岩，夹少许泥质岩类。其粒度变化不大，需经仔细对比观察，方可确定粒度上的差别。总的看来，韵律是忽正忽反的。层理也不甚发育，据对区内遂 36 井岩心观察统计，具大型交错层理者不到该段总厚的 30%。冲刷现象不明显，常常在数十米砂岩中找不到一个确切的冲刷面，属连续沉积。普含自生海绿石。薄片粒度分析结果，反映双向水流环境的三段型概率曲线占 60% 以上，而反映单向水流的两段型曲线仅占 25% 左右，逐井仔细观察分析这些砂岩，发现它们系由分支河道—水进河床—短暂湖泊—河口砂坝—分支间湾沉积多次（一般均为三次）迭加而成。

由以上分析得知，“香二段”中，确有不少水进河床砂体存在。但同时也存在河口砂坝。这反映了“香二”—“香三”期，本区总的的是一个湖盆扩展、水体相对进侵的时

期,而在这种总的水进条件下,又常出现一些局部水退。亦即湖盆岸线是往复摆动着向陆地方向移动的,水进、水退交替发生而以水进相对占优势。

表2 水进河床砂体与河口坝、分支河道砂体特征比较

Table 2 Comparison of the characteristic of the water-transgression cauce sand-bodies with month bar sand-bodies and distributary channel sand-bodies

砂体类型 特征	水进河床砂体	河口坝砂体	分支河道砂体
粒度韵律	正	反	正
上覆沉积	顶渐变或为滨、浅湖(或海)相沉积	顶渐变或突变为三角洲平原相沉积	河漫与分支间湾沉积
下伏沉积	底突变,有冲刷面。下伏一般为陆相层	底渐变,下伏前三角洲、湖(或海)相沉积	底突变,有冲刷面
沉积构造	块状层理发育,有交错层理	有交错和块状等层理	具发育的交错层理
冲刷现象	冲刷作用不明显	可见冲刷作用	冲刷现象较多
粒度分布	常见具双跳跃组分之三段型粒度概率曲线	有三段型和多段型	常为两段型
形成时的水动力条件	河流单向水流与湖(或海)流及波浪共同作用	同左	河流单向水流
与水进水退的关系	形成于湖(或海)盆扩大的水进期	形成于相对水退期湖盆一般收缩	水进、水退期均有

水进河床砂体的前列特点表明,它与常见的三角洲河口坝砂及分支河道砂既有某些相似之处,同时又有明显不同(表2),形成机理迥异。为避免概念上的混淆,适应油气等矿产勘探的需要,似拟将它们分开,不笼统地称之为河流相或分支河道相为好。

## 二、水进河床充填砂体与水进型三角洲

近7000年来,全球海面上升速度变慢或趋于稳定,而河流携带大量沉积物入海,其有效沉积率 $>$ 水面上升速度,因此河口地区多处于相对水退状况。在这种条件下所形成的三角洲的总演化趋势是:海(或湖)盆-前三角洲-三角洲前缘-三角洲平原。其中,由前三角洲-三角洲前缘河口坝沉积构成一个下细上粗的反粒度韵律是其共同的典型特征。大量文献所记载的绝大多数现代三角洲均为此种类型。J.M.科尔曼和L.D.赖特1971年所选取的、代表全球各个气候带、规模大小不同以及流入不同受水盆地的55个现代三角洲,虽有这样那样的差别,但无论是河控或浪控的还是潮控的,其剖面下部均具反粒度韵律(图4左),其发展趋势均是由水下三角洲往陆上三角洲方向发展,反映了一个相对水退过程。根据这种现代三角洲模式鉴别出来的大部分古代三角洲亦是在相对水退条件下形成的。

但是,愈来愈多的事实表明,古今沉积中也存在与此恰恰相反的情况:水盆水面不断上升,河流虽仍可携带大量沉积物进入水盆,但因其有效沉积率 $<$ 水面上升速度,于是造成水体逐渐进侵、岸线不断向陆地方向移动,沉积物形成正粒度韵律。其总的演化

趋势为：三角洲（或滨湖）平原-水进河床-湖泊（或海）。其中，水进河床砂体是此种条件下形成的典型微相。这种沉积自70年代以来，已先后在我国长江口、珠江口、滦河口以及非洲尼日尔、美国拉瓦卡等河的河口附近被发现，而且它们多与全球海进期相对应。根据水进河床沉积的特点与形成机理推知，我国鄱阳湖南湖全新世水面扩大期，在古赣江口附近河段中所形成的正粒度韵律砂岩亦应属此类沉积（图4右）。在古代湖盆沉积中，此种似为河流沉积的正韵律砂岩之上紧覆湖泊沉积的现象普遍存在。不仅本文所讨论的四川晚三叠世湖盆是如此，国内其他一些古代湖盆如白垩纪姚家早期的松辽湖

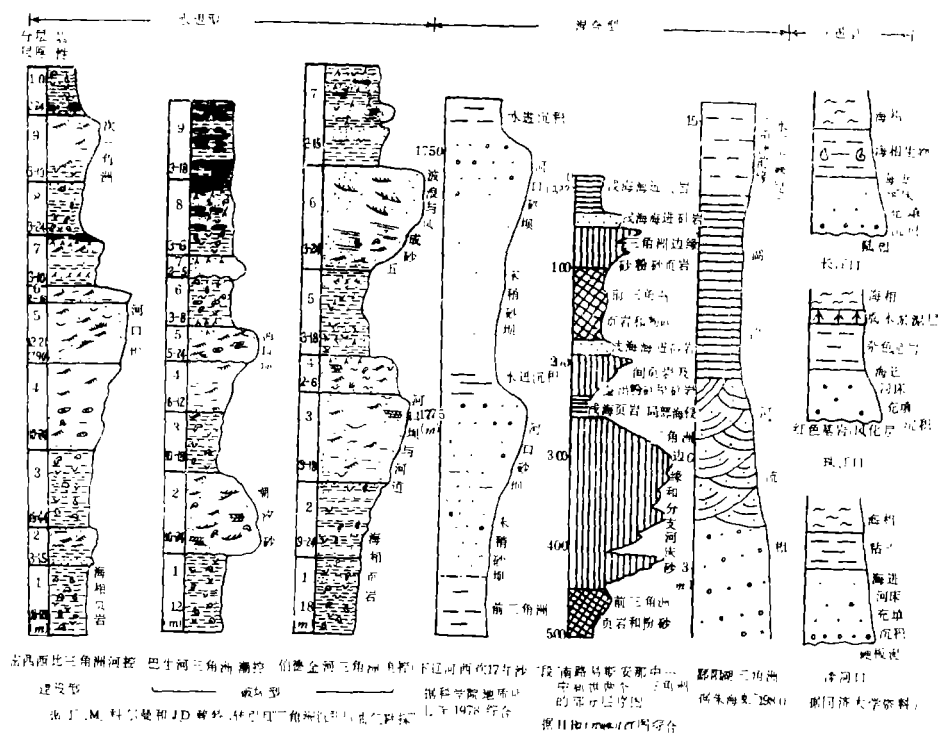


图4 三角洲的演化趋势与分类

Fig. 4 The evolution tendency and classification of delta

盆也有此种现象存在。据笔者对辽河油田几口井岩心的概略观察，早第三纪的下辽河湖盆在其扩展期，也形成了水进河床充填沉积。因此，河口地区存在水进条件下的沉积已为古今众多的事实所证明。鉴于这种沉积也是形成于河湖（或海）过渡地带，沉积物受河、湖（或海）两种水动力条件的影响，同时，水进期沉积与水退期沉积常是相互交替的，为此，根据多数作者对三角洲的定义：“主要由于河流流入蓄水盆地而沉积在水体（海洋或湖泊）中的陆上和水下连续沉积体”（莫尔和阿斯奎兹，1971）或“在河流与海洋或湖泊的汇合处沉积成的锥形大沉积体”（刘宝琮，1980），本文将水进期河口地区的沉积也纳入三角洲范畴中。为与水退条件下形成的三角洲相区别，特称其为水进型，而将前者称为水退型。它们是三角洲演化的两种端点类型，其间有一系列混合型。从较长时期内的演化来观察，或许混合型是更为常见的。因为水面相对升降是频繁的，

这样,河口附近的水进、水退沉积便交替出现。如美国南路易斯安那中中新世地层便有前三角洲-三角洲边缘和分支河道-浅海页岩这种水退水进的几次反复(图4中)。委内瑞拉马拉开波湖心北部一口井的下始新统米索亚组的沉积环境也经历了由三角洲平原-三角洲前缘-三角洲平原这样水进水退的多次反复。

水进型三角洲的主要微相是水进河床砂体。与其伴生者向水盆地方向有滨湖浅滩砂,向陆地方向有尚未受湖盆水体侵没的三角洲平原上的分支河道与分支间湾沉积。这类三角洲中尚无反韵律的河口砂坝发现。

### 三、水进型三角洲的发育背景与含油气性

据对四川盆地中西部上三叠统的各种资料综合分析看出,水进型三角洲的发育背景亦即其代表性微相水进河床沉积的形成条件是受区域地质背景控制的:

1.这种沉积在盆地缓坡一侧易于发育。据推算,研究区沉积时的坡度 $< 1^\circ$ 。这样平缓的地带,如果湖盆水面略有上升,便可淹没显然包括河口以上河段在内的大片地区,从而造成了形成水进河床砂体的条件。此类砂体在川中地区较普遍而在盆地西北部地区较少,可能即是此故。

2.水进型三角洲多发育在水盆扩展时期。任何湖盆都有其产生、扩展与收缩消亡阶段。不过这种演变不是直线形的,而是波浪式发展的,在总的扩展阶段中,常伴有短时期的萎缩,而在收缩阶段,也可有短时扩展。有扩展,则必有水进。而且水进期,同样有河流携带大量沉积物进入水盆地。这样,在河湖(海)交汇地带便形成水进河床沉积,即发育水进型三角洲。

3.在水盆地地壳相对下降的一侧易发育水进型三角洲。地壳升降常具不均衡性。四川盆地的西北一隅上升剧烈,而东南侧则相对下降,致使湖盆不断向东南方向迁移、扩大,造成经常性的水进,形成了众多的水进河床砂体,即发育了水进型三角洲。

4.比较来说,湖盆地周围比海岸附近更易发育水进型三角洲。因为湖盆水面常因湖盆扩大或雨季有大量洪水注入等因素影响而上升,而海盆的水面则相对比较稳定。

水进型三角洲体系如同水退性的一样,也是一个良好的含油气区。在这个范围内曾获得了一定数量的工业油气流,而此区之外的泛滥平原相区则基本未获油气。需要指出,此类沉积体系中,油、气、水分布的关系可能较水退型三角洲复杂得多,往往会呈现油、气、水分布的多系统现象。这需要在油气勘探开发中作更仔细深入地研究。

## 结 语

长期来,密西西比或吉尔伯特这种经典的水退型三角洲模式,深深地印在大多数地质人员脑海中。但近十年来,对现代和古代沉积物进行的研究表明,这种模式并不总是能完满地河口地区的沉积进行解释。存在着相反条件下的沉积——水进序列。因此,应采用多种模式,即水退型、水进型和混合型。不仅三角洲如此,G. E. 莱因森对堡岛系统的研究也得出了类似的结论。

本文所用沉积构造等方面的资料是与朱荣复等共同观察描述的;海绿石等轻、重矿物的鉴定资料是何祚文提供的。文中基本观点在82年5月全国石油系统沉积相研究成果



交流会上宣读后,得到了石油科学院吴崇筠教授与同济大学李从先老师等的热情鼓励与帮助,并提出了许多宝贵修改意见,在此一并致谢!

收稿日期1982年9月4日

### 参 考 文 献

- 李从先等, 1979, 全新世长江三角洲地区砂体的特征和分布 海洋学报 1卷2期  
 刘宝珺, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社  
 董荣鑫, 1979, 苏北东台拗陷下第三系阜宁群的海录石 同济大学学报 第二期  
 J.M. 科尔曼和L.D. 赖特, 现代河流三角洲: 作用和砂体的可变性 陈景山等译 “三角洲沉积与油气勘探” 石油工业出版社  
 A.J. 斯科特和W.H. 费希尔, 三角洲体系和三角洲沉积作用 陈景山等译 “三角洲沉积与油气勘探” 石油工业出版社

## DISCOVERY OF WATER-TRANSGRESSION CAUCE FILLING SAND-BODIES IN ANCIENT SEDIMENTS ——AN APPROACH TO THE GENESIS OF CERTAIN UPPER TRIASSIC SAND-BODIES IN THE MIDDLE-WESTERN PART OF THE SICHUAN BASIN AND DISCUSSION ON WATER-TRANSGRESSION DELTA

Luo Qihou

(Institut of Geological Exploration and Development,  
 Sichuan Petroleum Administrative Bureau)

### Abstract

Certain Upper Triassic sand-bodies in the middle-western part of the Sichuan Basin possess the positive grain-size rhythm with underlying strata of terrestrial facies and overlying strata of lacustrine facies. Their bedding is underdeveloped and scouring unclear. They contain glauconite and have a grain-size probability curve of three-section type, which reflects bidirectional flow and contains bisaltational components, quite similar to the peculiarities of the water-transgression cauce filling sand-bodies in recent stream-mouth regions. Therefore, they can be classified as this kind of sedimentation. They are sediments filling cauce during the water-transgression period. The fine-grained sediments sequentially overlapping the coarse-grained sediments formed at the intervals above the stream-mouth while the water surface of the basin was rising gradually, and the stream-mouth was retrogressing upstream. They have certain similarities and some obvious differences as compared with the river course sand-bodies and delta front stream-mouth bar sand-bodies. The mechanism is quite different, and so it is necessary to differentiate them from each other.

Such river cauce filling sediments which formed during water-transgression ex-

ist widespreadly, and they can be well preserved. During the long period of geological development, water-transgression and water-retrogression occurred frequently. Therefore, the sediments which formed during water-transgression should hold an important position and should not be neglected.

Based on the view point of water-transgression and water-retrogression and the existence of water-transgression cauce filling sand-bodies, the idea of "water-transgression delta" model is conceived in this paper. It is considered that in the delta evolution, there are two terminal tendencies, namely, two terminal types — water-transgression type and water-retrogression type. The former has a three-layered construction of pro-delta, delta front and delta plain with an inverse grain-size rhythm, fine down and coarse up. It is typical (classical) deltaic sediments with the mouth bar as the representative microfacies. The latter also forms where in the concurrent the river meets the lough, or where the river and the sea meet. Subjected to the influence of hydrodynamic conditions of the river-lough or river-sea and interbedded with both the water-transgressional and water-retrogressional delta types, it is classified into the category of delta and known as the water-transgression type. Possessing positive grain-size rhythm, it is a kind of sediments with water-transgression cauce sand-bodies and known as the important microfacies types. There are a series of mixing types between water-transgression and water retrogression deltas. Perhaps this mixing type can be seen more often in the long geohistorical times.

The water-transgression delta often develops on the slight-dipping side of water basin during the enlarging period or on the side of the relative earth crust subsidence. By comparison, in the place where the stream enters into the lough, it is easier for this kind of sediments to form than in the place where it enters into the sea and in its neighbouring areas.

Delta of water-transgression type is also favourable for oil and gas accumulation, but the relation among oil, gas and water in this kind of delta may be more complicated.