

# 中国陆相沉积模式和生储油岩分布

安作相

(石油工业出版社, 北京 100011)

几十年来,中国油气勘探工作主要在陆相沉积中进行,其沉积模式和生储油岩的关系大体是,生油岩形成于深湖相、半深湖相和沼泽相,储油岩则在许多环境都能形成,在中国以三角洲相、冲积扇以及浅湖滩坝为主,而盆地基岩风化壳也有重要意义。在沉积过程中生油岩和储油岩常呈旋回出现,形成生储盖组合,可分为下生、上生、自生和侧生 4 种形式。

**关键词** 陆相沉积 沉积模式 生油岩 储油岩

**作者简介** 安作相 男 62 岁 编审 石油地质

## 1 陆相沉积模式研究

关于陆相沉积模式的研究,在 60 年代初中国石油部门提出 3 个相组 9 个相带的体系,当时考虑了陆地(包括湖底)的地形、沉积水体的氧化和还原环境、古生物的生态以及古水动力等方面的因素。安作相(1983)根据他们上述 60 年代初提出的陆相含油气区沉积相划分的标志和体系,以及经过 20 多年的实践经验,提出和建立了陆相沉积模式。即把上述 3 个相组 9 个相带进一步充实和完善。近年,吴崇筠(1992),进一步对拗陷型和断陷型的湖泊,进行沉积模式的研究。她分别研究两种湖泊扩张期和收缩期各种相带分布的特点,并且建立了沉积模式。同时,她指出:上述分类模式主要从构造和地形考虑,还未增加气候和物源的因素,因而还需进一步研究,加以补充和修改。现在笔者归纳近年来这个领域的研究成果,提出了新的沉积模式图(图 1)。这幅图和 1983 年的对比,内容丰富多了,有以下几点:

- (1)增加了水下隆起。这一点反映了湖底地形不平坦的状况。
- (2)增加了湖水环流。湖水的水平流动形成环流,对沉积物分布有意义,形成碎屑岩滩坝。
- (3)增加了扇三角洲。这是冲积扇和三角洲的中间类型。
- (4)增加了生物礁。虽然在陆相沉积中极罕见,但也是一种沉积类型,而且含油。
- (5)删去风成沉积。这类沉积是陆相的一种,但含油气盆地中迄今尚未见到其含油气。

## 2 生油岩分布

30 年代,潘钟祥调查陕北石油时,认定生油层是陆相上三叠统延长群中部的张家滩页岩。

张家滩黑色页岩薄水平层理发育,说明其沉积于湖水浪基面以下,没有水浪影响;层面有鱼鳞化石及微体浮游生物化石,说明水体较深处底栖生物无法生活;含大量有机质而呈黑

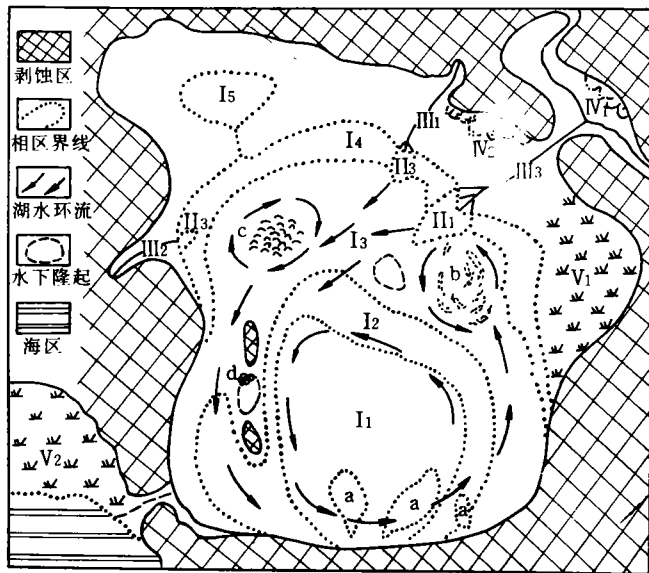


图 1 中国陆相沉积模式图(据安作相,1983 改编)

- I. 湖泊沉积: I<sub>1</sub>. 深湖相; I<sub>2</sub>. 半深湖相; I<sub>3</sub>. 浅湖相; I<sub>4</sub>. 滨湖相; I<sub>5</sub>. 盐湖相
- II. 三角洲沉积: II<sub>1</sub>. 普通三角洲相; II<sub>2</sub>. 扇三角洲相; II<sub>3</sub>. 辫状河三角洲相
- III. 河流沉积: III<sub>1</sub>. 辫状河相; III<sub>2</sub>. 网状河相; III<sub>3</sub>. 曲流河相
- IV. 冲积扇沉积: IV<sub>1</sub>. 干旱扇; IV<sub>2</sub>. 湿地扇
- V. 沼泽沉积: V<sub>1</sub>. 湖泊沼泽相; V<sub>2</sub>. 滨海沼泽相
- a. 浊积体; b. 碎屑岩滩坝; c. 碳酸盐岩滩坝; d. 生物礁; e. 水下隆起

色,并有黄铁矿细粒,说明沉积于还原环境。因此,张家滩黑色页岩生油层的形成环境是深湖相。但是,它的厚度仅几十米,在用地层单位编图时,仅能划归半深湖相。这是笔者 50 年代末的成果。

此后,笔者等研究松辽盆地下白垩统松花江群,发现青山口组是深湖相生油层;研究华北盆地济阳拗陷下第三系时,发现沙河街组是生油层;研究四川盆地侏罗系时,发现大安寨组也是很好的生油层。结合后来的研究工作综合于表 1。

1960 年 11 月,在石油工业部召开的油气田分布规律工作会议上,肯定了深湖相生油层的观点:“在振荡运动以沉积为主的、长期拗陷的内陆盆地的深水相到半深水相沉积区,是生油层形成和发育最有利的地带。”此后,各油气探区在勘探工作中,都使用这个观点评价含油气远景和研究油气田分布规律。

在提出深湖相生油的同时,把湖泊中湖水相对最深的地区称为沉积中心。如果沉积中心是深湖相分布区,则是生油中心,即生油凹陷。这对各油气探区用处很大,并逐渐发展成为“定凹探边”和“定凹探隆”的原则,即先确定生油凹陷,然后在凹陷边缘或凹陷中的隆起(包括古隆起)上进行勘探找油。

随着油气勘探工作的进展和研究工作的深入,对生油岩的认识也在深化。过去认为沼泽相沉积是成煤环境,不能生油。近年来,由于煤成气研究工作的深入,发现含煤岩系中也可有

表1 中国一些含油气盆地陆相生油岩参数表

盆地	松辽	渤海湾			鄂尔多斯	四川	
		辽河	济阳	东濮			
生油岩	时代	下白垩统	下第三系	下第三系	下第三系	上三叠统	下侏罗统
	岩性	黑色页岩	黑色泥岩	黑色泥岩	黑色泥岩	黑色页岩	黑色页岩
	沉积相	深湖相	深湖相	深湖相	深湖相	半深湖相	深湖相
	最大厚度(m)	500	800	1000	2500	500	400
	有机碳(%)	7.7	2.83		1.67	1.87	1.6
生油条件	地温梯度(°C/km)	42	36	36	31	30	34
	干酪根类型	I	I	I	I	I	I
	总烃( $10^{-6}$ )	5000	1142		1487	1189	750
	总烃/C(mg/g)	196	403		880	636	500
有机质演化	未成熟带	1250(59) <sup>①</sup>	2700(99)	2200(93)	2600(95)		2500(75)
	成熟带	2020(95)	4000(142)	3000	3700(129)		3700(100)
	高成熟带	2800(115)	4530(158)	5000	4300(148)		4500(120)
	过成熟带						
资料来源	李永康 1981	朴明植等 1989	周光甲 1989	辛茂安 1989	陈安定 1989		

① 1250为门限深度m,(59)为门限温度°C

生油层存在。特别是若把油和气同等看待的话,则烃源岩不仅包括煤系地层中的黑页岩,而且也包括煤层。因此陆相生油岩的形成环境,不仅是深湖相和半深湖相,还应包括沼泽相。

### 3 储油岩分布

有各种成因的油气储集岩,如风化剥蚀成因、堆积成因、河流成因、三角洲成因、浅湖成因、生物成因等。成岩作用对油气储集岩也有很大影响。兹分述如下:

#### 3.1 风化剥蚀成因的储集岩

岩石暴露于地表,受风化作用使其孔隙增加。特别是碳酸盐岩还受地下水的溶蚀作用,形成了相互连通的孔洞网,可形成具良好孔隙性和渗透性的储集岩。在我国,这类储集岩一般分布在沉积盆地底部的基岩中,其形成的油藏称为基岩油藏或潜山油藏。除碳酸盐岩外,岩浆岩和变质岩也可形成这种油藏。

华北盆地冀中拗陷的任丘油田的上古生界雾迷山组白云岩油藏,可以作为这种成因储集岩的代表。

当然,风化作用对不同性质的岩石产生的影响也不同,断裂对于地下水活动产生的溶蚀

作用起了促进作用。由于风化剥蚀往往是在不整合面上进行的,所以,石油勘探工作者都很重视不整合面的研究。目前,常采用古地质图法和印模法恢复古地形,来揭示不整合上古地质的情况。

### 3.2 堆积成因的储集岩

#### 3.2.1 冲积扇

克拉玛依油田的油就储集在三叠系的洪积扇中。储集岩是一套细砾岩,可进一步划分为两个亚相,即冲洪积扇亚相和冲洪积平原亚相。冲洪积扇亚相主要由砾岩组成,约 70%~80%,夹有泥岩和砂岩透镜体。砾石大小混杂,分选甚差,多呈次圆一次棱角状,成分较杂,成层性不好,由一些大小不等、厚度不一、在横向上不稳定的凸镜体叠置而成。层间的冲刷和下切现象十分发育。

#### 3.2.2 水下冲积扇

这类沉积体多分布在湖盆地的陡岸。如在东营凹陷北缘沙河街组一段中,有若干个水下冲积扇相连。又如在南襄盆地泌阳凹陷南缘的核桃园组中,有多个水下冲积扇相叠。它们都构成了油田。

水下冲积扇的岩性以砾岩、砂岩和粉砂岩为主,横向变化快。砾岩在湖边所占比例较高,达 30%~60%,块状层理和递变层理较发育。向湖内以砂岩为主,夹有薄的砾岩层和泥岩层,层理比较复杂,各种类型均可见到。再往内,岩性主要为粉砂岩,有时夹砂岩薄层,分选性相对较好,可见波状、交错和水平层理。

#### 3.2.3 浊积体

根据近年的归纳,浊积体储集岩在华北各拗陷(辽河、冀中、黄骅、东濮和济阳)均有分布;在鄂尔多斯盆地、松辽盆地以及南襄盆地泌阳凹陷,也有发现。

### 3.3 河流成因的储集岩

中国陆相盆地中河流相分布广泛,多发育在盆地演化初期。但能形成具有相当储量的油田要推鄂尔多斯盆地侏罗系的底砂岩——“延安砂岩”。这层砂岩在盆地的边缘有出露,笔者等于 50 年代末在盆地从事岩相古地理研究时,就把这套砂岩层确定为河流相。当地的研究工作者根据钻井资料,确定了一条从西向东流的大河——甘陕古河,可以作为河流成因的储集体的代表。

根据三叠系顶部的侵蚀程度估算,甘陕古河的坡度为 17.5%。每个河道砂岩体,一般都是下粗上细的正旋回层序,由若干个韵律层组成,在平面上呈带状分布,岩性为含砾砂岩、砂岩、夹薄层粉砂岩和含粉砂泥岩,有斜层理。

### 3.4 三角洲成因的储集岩

三角洲相作为重要的储集岩类型可以用大庆油田作代表。

在早白垩世,松辽湖盆地的北岸线在齐齐哈尔—拜泉—通北一线。在大庆长垣的北端,正是古乌裕尔河的入湖口。河水带入大量泥砂在大庆长垣上沉积,形成了三角洲成因的储集岩体。

在中国陆相沉积体系中,有一种介于三角洲和水下冲积扇之间的沉积体——扇三角洲,它也可构成储集体。其分布还比较广泛。它是在地形高差较大的河口,在短促水流作用下,由碎屑物质快速堆积而成。它具有水下冲积扇和三角洲的一些特点。其岩性较粗,为含砾砂

岩、砂岩、夹粉砂岩层。还有底积、前积和顶积的影子,但是层理不甚发育。

### 3.5 浅湖成因的储集岩

在中国的含油气盆地中,湖泊相面积广大,浅湖相带发育的有松辽、鄂尔多斯、四川、柴达木和准噶尔等盆地,而形成相当规模油田的则是松辽盆地。现以松辽盆地为例叙述于后。

松辽盆地下白垩世湖盆分为东西两部分,西部有古龙、齐家两凹陷,东部有安达、三肇和德惠 3 个凹陷,在这些凹陷中,浅湖相的沙滩、砂坝广泛分布。这些砂坝(滩)都是受古湖水环流影响而形成的。

在三肇凹陷进行石油勘探过程中,油田的研究者把这些砂坝看成是低幅度局部构造。据资料,已经发现 42 个。面积最大的有  $48\text{km}^2$ ,一般为  $4\sim 15\text{km}^2$ ,厚度最大为 80m,一般有  $20\sim 30\text{m}$ 。其形态呈透镜体状,砂岩体下平上凸。这些砂岩凸镜体的分布很有特点。它们分内、中、外 3 个旋带,每个旋带包括一些环带,每个环带中有几个砂岩凸镜体。

以上描述说明松辽早白垩世湖盆中,在三肇凹陷有环流存在。多数砂岩凸镜体邻近大庆长垣,这正表明那里是砂粒的来源区,随湖水向东南转向北又向西流动,其所携带的砂粒逐渐沉积下来形成凸镜体,其数量也在减少。这些砂岩凸镜体有的已成为油藏。

### 3.6 生物成因的储集岩

生物成因的储集岩是生物礁和生物滩。

生物礁目前仅在济阳拗陷发现,形成了平方王油田。其地层属于下第三系沙河街组。造礁生物是中国支管藻和龙介虫管。储油的孔洞是生物的腔体、骨架以及由淋滤作用而形成的溶孔、溶洞和溶缝等。孔隙度很高,最高达 65%,一般也有 30%。生物礁体面积约  $80\text{km}^2$ ,高度近 180m。

生物滩储集岩的最好实例是四川盆地中部的大安寨灰岩,它形成了桂花园等油田。大安寨灰岩的时代为早侏罗世,主要由介壳组成,叠成千层饼状。石油就储存在薄层的层间缝里。这个生物滩面积约有  $2000\text{km}^2$ 。分布在南充、蓬溪、遂宁等地。介壳灰岩有 3 层,总厚度仅 70m 左右。孔隙度平均为 2%,渗透率一般为  $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

总之,在沉积盆地中,从基岩表面到整个沉积岩体都可以形成储集岩,它们都是油气勘探的领域。油气地质家的责任就在于研究油气储集岩的形成及分布规律。

## 4 生储盖组合

笔者认为,储油层和盖层是相伴存在的。倘若盖层的厚度和质量不够,那么其下的储集层在油气藏形成过程中也就失去意义了。所以,生储盖组合实质上是生油层和储盖层之间的组合关系。因此,生储盖组合的概念可以表述为:在含油气岩系中生油层、储集层和盖层在空间的匹配关系,形成匹配关系的因素主要是沉积的,也有构造的。

生储盖组合反映了含油气岩系中生油层、储集层、盖层与沉积旋回之间的关系,故在分类时,应首先考虑这方面的因素。沉积旋回有正、反之分,组合可相应划分出上生和下生。考虑到生油层在成岩后生作用下可形成许多裂缝,也可以形成储集层,这可叫作自生。此外,储集岩体可能有横向岩性岩相变化,如果变为生油岩,那么就是侧生了。以上都是沉积因素形成的。由于地层不整合和断层也可以把生油层和储盖层连接起来。各家划分如表 2。

表2 生储盖组合类型划分对比表

赵重远 (1979)	王尚文 (1986)		陈荣欣 (1986)		张万选等 (1989)	本文 (1992)	
正常式	连续沉积的	下生上储	连续型	下伏式	正常式	下生式	
顶生式		互层		互层式		顶生式 自生自储自盖式	上生式
自生自储自盖式		上下储		上覆式			侧变式
侧变式 (侧生式)	指状交叉	侧变式	侧变式	侧生式	岩性横向变化连接		
	侧变				地层不整合连接		
	被不整合分隔的	不整合型			断层(同生和后生)	断层连接	

注：王尚文等的划分是笔者根据该书文字叙述归纳的

#### 4.1 下生式

这种型式由反旋回构成，生油层位于储集层和盖层下面。生油层中生成的石油从下而上运移到储集层中。例如，济阳拗陷沙河街组三段是良好的生油层，上覆沙二段砂岩是储集层，在往上沙一段泥岩是盖层。这样组成了下生式生储盖组合。

#### 4.2 上生式

这种型式由正旋回组成，生油层位于储集层之上，它兼起盖层的作用。由于生成的石油向低势能带运移，所以生油层中的石油可以向下运移到储集层中去。原因是在成岩压实过程中，储集岩被缩小的体积小，泥岩中压力较高。例如，鄂尔多斯盆地上三叠统延长群(T<sub>2</sub>y)的下部，由3个正旋回组成，其顶部都有厚薄不等的生油岩层，T<sub>3</sub>y<sup>2</sup>顶部厚层黑色页岩，就是潘钟祥当年论证陆相生油的“张家滩黑页岩”。而在3个旋回的中部都有油层分布。

#### 4.3 自生式

这种型式是生油层、储集层和盖层三合一。其原因是在成岩后生作用下，生油岩产生了裂缝，成为储集岩。其油藏是泥岩裂缝式油藏。例如，松辽盆地古龙凹陷青山口组为一套深湖相泥岩，富含有机质，是大庆油田的油源区之一。近年发现，泥岩的层间裂缝和垂直裂缝均发育，开启性好，其中饱含石油。油层特点是：井段长，孔隙度和渗透率低，压力高，产量低且递减快，基本不产水。

#### 4.4 侧生式

侧生式又可分为岩性横向变化连接式和地层不整合连接式两种。

岩性横向变化连接式的机制是，储油岩砂岩体从侧向插入深湖相生油岩体，二者的接触面犬牙交错，生油岩中的石油侧向运移到储集体中形成油藏。如大庆油田的葡萄花、萨尔图和高台子3个油层组，从北向南伸入到同时代的深湖相黑色泥岩中。砂岩体伸入湖盆距离的远近，反映了古乌裕尔河带来砂粒的多少和当时湖水涨落的情况。这个砂岩体是湖相三角洲

相。从东、南、西 3 个方向砂岩体供油,从而形成了良好的生储盖组合。

## 5 结束语

最后引用著名沉积学家吴崇筠(1992)近作中有关的一段作为本文结束。她写道:“湖泊亚相的划分,我国石油地质界和沉积界一直很重视。早在 50 年代,原石油科学研究院地质所安作相几位同志,在研究鄂尔多斯盆地延长群和延安群时,按湖泊水体的深浅和水动力情况,划分出深湖相、半深湖相、浅湖相和滨湖相;接着又研究松辽盆地白垩系的沉积环境。这些研究对查明生油中心和储集层分布起了良好作用。”

(收稿日期:1994 年 9 月 16 日)

### 参 考 文 献

- 1 王尚文. 中国石油地质学. 北京:石油工业出版社,1983,165~168
- 2 安作相. 中国储油岩特征. 石油勘探研究报告集(一),北京:石油工业出版社,1961,35~53
- 3 安作相. 我国陆相生油学说发展四十年. 古潜山,1981,(3):60~68
- 4 安作相. 松辽白垩纪湖盆水环流与隐蔽油藏勘探. 石油实验地质,1985,7(2):107~113
- 5 安作相. 任丘基岩油藏形成的再分析. 大庆石油地质与开发,1991,10(4):13~19
- 6 西北大学地质系石油地质教研室. 石油地质学. 北京:地质出版社,1979,187~188
- 7 张厚福,张万选. 石油地质学. 北京:石油工业出版社,1989,130~131
- 8 胡朝元. 生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论. 石油学报,1982,3(2):9~14
- 9 吴崇筠. 中国含油气盆地沉积学. 北京:石油工业出版社,1992,36

## NON-MARINE SEDIMENTARY FACIES AND DISTRIBUTION OF SOURCE ROCKS AND RESERVOIRS IN CHINA

An Zuoxiang

(*Petroleum Industry Publishing House, Beijing*)

### Abstract

For scores of years, the petroleum exploration of China has been mainly targeted at non-marine sedimentary facies. However, the relations of sedimentary patterns with source and reservoir rocks are roughly as follows; source rocks occurred in deep lacustrine, hypabyssal lacustrine and paludal facies, while reservoir rocks could be developed in various environments, in China being predominated by deltaic facies, alluvial fan and shallow lake beach-bar, as well as the weathering crust of basinal basement rocks. During the process of sedimentation, the source and reservoir rocks generally occurred in cycles, which can be grouped into source-reservoir-cap assemblages distinguished as 4 types i. e. lower, upper, auto- land lateral geneses.