

塔里木盆地东河塘石炭系障壁岛后冲溢扇研究

朱筱敏 王贵文 谢庆宾

(石油大学地球科学系,北京 102200)

提 要 本文充分运用地质、测井、地震资料,对塔里木盆地东河塘石炭系障壁岛后冲溢扇进行了研究。从岩性特征、结构、沉积构造、垂向层序、地球物理、沉积背景、古地理条件等几个方面,详细阐述了冲溢扇的沉积特征。概括总结了冲溢扇的沉积模式,并对冲溢扇含油气性进行了论述,指出冲溢扇沉积特征研究不仅可以丰富沉积学理论,而且为寻找上倾尖灭油气藏提供了新的领域。

关键词 冲溢扇 沉积特征 沉积模式 油气勘探

分类号 P512[·] 2

第一作者简介 朱筱敏 男 37岁 教授 博士 沉积盆地分析沉积学

1 前 言

本世纪中叶以来,人们对现代海洋沉积环境进行了广泛深入的研究,在现代沉积学理论等方面取得了突飞猛进的进展。障壁岛沉积体系也因它与沉积矿产的密切关系而受到人们的高度重视。近期,人们不但注重对障壁岛自身砂体沉积特征的研究,也充分注意到了位于障壁岛向陆一侧的由风暴浪冲蚀滨海浅海沉积物越过障壁岛后所沉积形成的冲溢扇沉积特征的研究。Hayes(1967)和 Andrews(1970)等^[1-4]分别对得克萨斯州海岸帕得拉岛和圣约瑟夫岛背后的冲溢扇(Washover fan)的成因机制、沉积构造和沉积序列、砂体形态和分布等进行过系统研究,指出在墨西哥湾得克萨斯海岸平均 2.5年就出现一次风速大于 110 km/h 的热带风暴,这种风暴在 2.5~5 h 内可使海平面升高 4 m,并可把处于水深大于 25 m 的较粗物质搬运到障壁岛向陆一侧,在泻湖、盐沼中沉积形成冲溢扇。那么,现在沉积环境中发育众多的冲溢扇,古代沉积环境中是否也存在着许多冲溢扇砂体呢。Walker(1979)指出:在小潮差地区,冲溢扇构成了障壁岛沉积体系的重要部分。在海漫环境下,冲溢扇是障壁岛向陆地方向迁移的主要作用之一。在古代障壁岛沉积序列中,冲溢扇沉积物要比迄今所识别出的更加普遍^[5]。

现代障壁岛沉积体系的研究已相当深入,人们除了提出识别障壁岛自身的多种标志外,还总结了位于障壁岛向陆一侧潮上坪冲溢扇的沉积特征,即

人们认为障壁岛后单个冲溢扇厚度较薄(小于 2 m),宽约几百米,由中细粒砂泥质沉积物组成,自下而上的沉积序列是:底部为与下伏沉积物侵蚀接触,富含不同生物群落生物介壳的砂质毯状层,然后是平行层理至次平行层理砂质层。在冲溢扇内洼地可见泥质层沉积,在局部常见生物扰动构造等^[2,3,5]。显然,冲溢扇的沉积学研究不但可丰富沉积学理论,而且可为寻找沉积矿产特别是上倾尖灭油气藏提供新的领域。在现代沉积学理论指导下,笔者对中国最大的塔里木含油气盆地主力含油层系石炭系进行了石油地质综合研究,发现了位于障壁岛后的冲溢扇并总结了识别冲溢扇的沉积特征。

塔里木盆地是一个多旋回的叠合性含油气盆地,面积约 56万 km²。沉积层系齐全,沉积厚度逾万米。在垂向上,古生界以海相及海陆交互相沉积为特征,中生界以陆相沉积为特征,沉积物的充填历史表现出明显的旋回性和阶段性。在平面上,受六大构造运动和三隆四坳构造格局的影响及古地形控制,沉积体系类型表现出多样性。90年代以来,人们先后对主力含油层系石炭系的沉积相进行了深入的研究。大多数人认为,塔里木盆地石炭纪早期经历了快速海侵作用,主要沉积了发育冲洗层理的分选磨圆好的临滨—前滨石英细砂岩;石炭纪中晚期发生缓慢的海退,主要沉积了发育高角度交错层理、含石膏团块的棕褐色砂泥岩、灰质角砾岩等反映障壁岛泻湖沉积体系沉积特征的沉积物^[6]。在垂向上,塔里木盆地石炭系可划分成八个具有典型沉积特征的岩性

段,反映了沉积相类型以滨浅海到障壁岛—潮坪—泻湖的演变过程(图1)通过对塔里木盆地东河塘地区石炭系取芯井、钻测井和地震资料及大量室内分析资料的综合研究,在石炭纪中晚期障壁岛潮坪沉积环境中发现了具有重力流沉积特征的,由风暴浪冲越障壁岛,在障壁岛向陆一侧所形成的冲溢扇

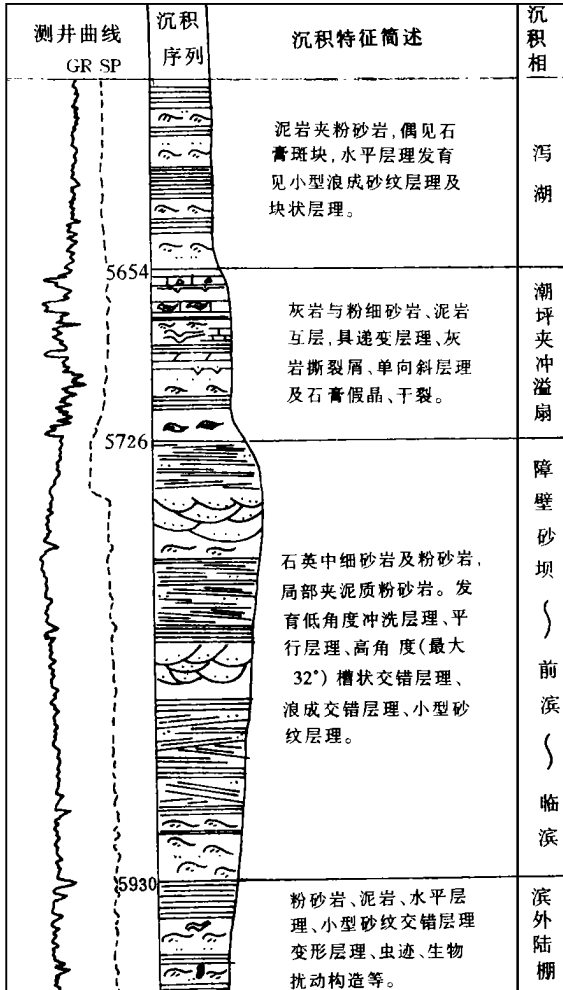


图1 东河塘石炭系沉积特征综合图

Fig. 1 Map showing carboniferous sedimentary characteristics in Donghetang

2 冲溢扇沉积特征和沉积模式

2.1 冲溢扇可由具递变层理、平行层理的粉、细砂岩和棕褐色泥岩构成,也可由灰褐色灰质砂岩、浅灰色角砾状灰岩、砂屑灰岩构成

冲溢扇的岩性组成可是多样的,这完全取决于风暴携带的沉积在障壁岛后的盆内碎屑类型。砂岩型冲溢扇由石英、燧石及粗粉屑构成,石英、燧石含量占80~90%,砂岩的分选很好,磨圆中等。在镜下

还可见到由粗粉砂到细粉砂的递变层理。正常鲕和多晶鲕等鲕粒,充填于颗粒之间的亮晶胶结物,这些特征与临滨沉积物是相近的。灰岩型冲溢扇由角砾状撕裂屑、细砂屑以及粉砂级石英、燧石、粗砂屑等构成。角砾状撕裂屑多为粉晶灰岩的不规则状砾屑,大小一般为 3×4 cm,大者可达 5×9 cm。杂乱排列,细砂屑含量较高,可达70%,粉砂级石英及其它碎屑物质含量可达20%,颗粒间充填物质为灰泥和粉砂级碎屑。在垂向上,角砾状灰岩多与灰褐色粉砂岩、灰绿色砂质灰岩伴生。

2.2 粒度概率曲线图多为悬浮总体含量较高的两段式

跳跃总体粒经 $0 \sim 3\phi$,含量约70%,反映颗粒分选较的特点;悬浮总体粒经 $3 \sim 6\phi$,含量可达30%,反映了较多沉积物呈悬浮搬运的特征,有时还可见由多个折线段构成的上凸弧形累积概率曲线。

C、M图由反映沉积物递变悬浮搬运的QR段构成。上述粒度曲线特征反映了冲溢扇沉积既具有较好的分选性,又具备递变悬浮搬运、快速沉积的特征。

2.3 丰富的重力流成因沉积构造以及反映重力流沉积的沉积构造组合

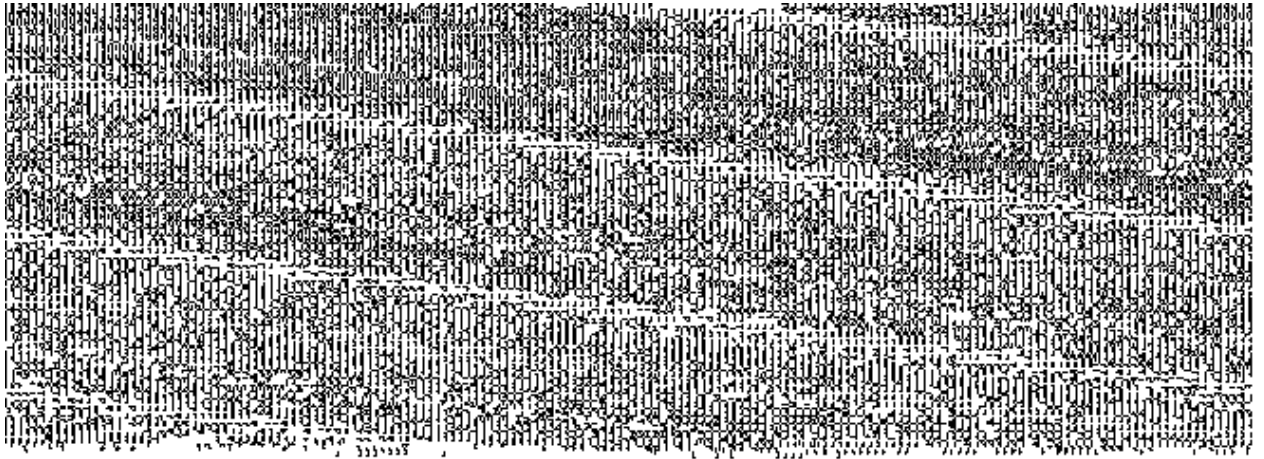
在砂岩型冲溢扇中,发育众多的单层厚 $2 \sim 6$ cm的由砂递变为粉砂的递变层理砂岩,这些砂岩底部可见 1.5×1 cm的悬浮状细砾(图版I-1)。有时,可见厚达60 cm的浅灰色细砾质粉砂岩,细砾磨因分选好,大小多为 1.5×1.5 cm,但多呈悬浮状分布。还可见到平行层理和单向斜层理粉细砂岩、变形层理泥质粉砂岩以及块状棕褐色泥岩(图版I-2)。上述砂、泥岩的垂向组合可用Bouma序列来描述,常见的组合类型为AE AAA以及ABE BCE序列组合厚度多为 $4 \sim 24$ cm,其中A段 $2 \sim 8$ cm, B段 $4 \sim 5$ cm, C段 $10 \sim 17$ cm, E段 $1 \sim 2$ cm。在灰岩型冲溢扇中,发育很多的角砾状灰岩。灰岩中角砾多为大小不等,形状各异悬浮于灰泥和粉砂级碎屑中,杂乱排列的撕裂屑(图版I-3)。此外,与角砾状灰岩伴生的灰绿色粉砂岩和砂质灰岩多呈块状,这些沉积构造均反映了冲溢扇沉积物递变搬运、快速沉积的特征。

2.4 典型的电性和地震反射特征

在自然电位曲线上砂岩冲溢扇响为中低幅箱形(80 mv);灰岩型冲溢扇响应应中幅齿形(80~90 mv),而相邻的潮坪泥岩、泥质粉砂岩多响应于微起伏的平直基线。在自然伽玛曲线上,砂岩型冲溢响应

于幅度变化较大的尖刀状指形 (50~ 120 API); 灰岩型冲溢扇响应于中幅漏斗形 (35~ 100 API), 而相邻的潮坪沉积物多响应于低幅齿形 (60~ 90 API) (图 1)。在近于垂直障壁岛沉积走向的地震剖面上, 位于东河塘南侧的障壁岛响应于顶部厚、两翼薄、中部上隆的强振高连丘形反射; 而在此丘形反射

的南侧为反映滨浅海沉积的中振连的亚平行反射; 在丘形反射的北侧为反映泻湖沉积的强振中连下凹或充填式反射, 在丘形反射的北侧可见反映冲溢扇沉积的南倾短轴强反射 (图 2)。这种沉积相的平面组合关系已得到钻井资料证实。



图版说明: 图版 I-1 具有悬浮砾石的递变层理砂岩, D1 井, 14 $\frac{15}{21}$ 井; 图版 I-2 单向斜层理粉砂岩, D1 井, 12 $\frac{89}{105}$ 井; 图版 I-3 具撕裂屑的角砾状灰岩, D1 井, 13 $\frac{5}{15}$ 井。

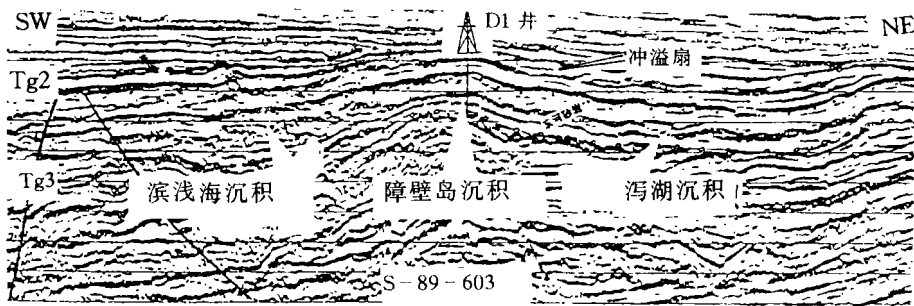


图 2 东河塘石炭系障壁岛体系地震反射 (S89-603)

Fig. 2 Seismic reflection of the Carboniferous barrier island system in Donghetang

2.5 适宜的沉积背景和古地理条件

石炭纪早期在东河塘地区发生了由南向北的海侵, 沉积了以冲洗层理为特征的临滨至前滨沉积物, 然后发生海退, 前期形成的沿岸砂坝出露水面并遭受风的改造形成高角度交错层理障壁岛沉积, 在障壁岛北侧发育分布了潮坪泻湖沉积物, 从而为形成冲溢扇提供了良好的地质条件。当风暴来临时, 携带大量盆内碎屑物质的风暴流将越过障壁岛, 在障壁

岛背后的潮坪泻湖环境中快速堆积下来, 形成向泻湖内延伸不足 1 km, 面积不足 10 km² 的冲溢扇。由于携带大量盆内碎屑的风暴流越过障壁岛后, 水流迅速扩散, 流速迅速降低, 呈悬浮状态搬运的盆内碎屑物质将迅速沉积下来, 形成具有重力流沉积特征的冲溢扇沉积体 (图 3)。每个冲溢扇的沉积厚度一般为 4~ 60 cm。冲溢扇沉积厚度变化可反映风暴流的强度。若沉积厚度大, 则反映风暴流的强度大, 携

带的盆内碎屑多。每个冲溢扇沉积层序之间的潮坪泥岩厚度可反映风暴流的发生频率。若两个冲溢扇沉积层序间缺失潮坪泥岩,则反映风暴流发生频率高,若潮坪泥岩沉积厚度大,则反映风暴流发生频率低。

2.6 冲溢扇的沉积层序可用 Bouma 序列来描述

对于砂岩型冲溢扇自下而上的沉积序列为厚 2 ~ 60 cm 的递变层理砂岩、厚 2~ 4 cm 的平行层理

砂岩、厚 10~ 17 cm 的波状层理、小型单向斜层理、变形层理的泥质粉砂岩和厚 1~ 3 cm 的棕褐色泥岩。最常见的层序组合是 AE 或 AAA,反映了风暴经常发生、沉积物快速沉积的特征(图 3)。对于灰岩型冲溢扇来说,最常见的沉积层序是厚约 1 m 的浅灰色富含撕裂屑的角砾状灰岩,上覆在正常泻湖潮坪泥岩之上(图 3)。

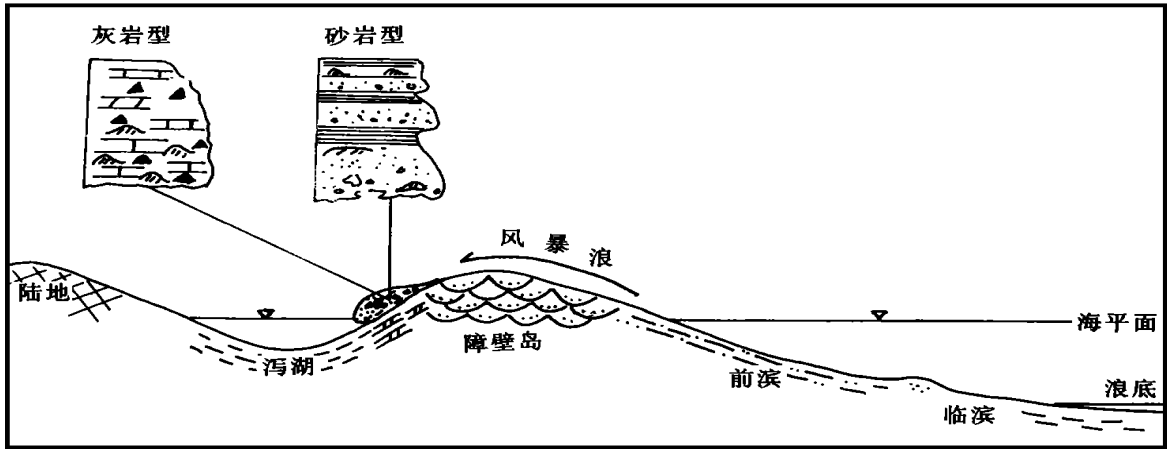


图 3 障壁岛后冲溢扇模式

Fig. 3 Sedimentary facies model of the washover fan behind barrier island

3 含油气评价

塔里木盆地石炭系是研究区主力含油气储层,特别是石炭系下部临滨—前滨—障壁岛成因的东河砂岩由于受海浪不断冲洗,砂质纯净,粒度适中,具有良好的储集物性和含油性。D1井石炭系东河砂岩的孔隙度为 14%~ 15%,渗透率 $40\sim 640\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,试油获日产原油 379吨。那么位于障壁岛后向陆一侧的冲溢扇沉积体能否构成良好的油气储层和油气藏呢?前已表明,冲溢扇沉积物来源于分选良好的盆内碎屑物质,因而它保留了原有的较好分选性和砂岩储集物质。再者,冲溢扇沉积物与具有良好生油能力的泻湖暗色泥岩间互,易获得来自油源的油气。冲溢扇沉积体位于障壁岛向陆一侧,倾向泻湖并在其上倾方向发生尖灭,所以易形成岩性上倾尖灭油气藏。塔里木轮南地区已有近 10口井发现了这类

油气藏。因此,在今后的油气勘探中,必须加强岩相古地理的精细研究,除了寻找构造岩性配置的油气藏外,还应重视以岩性起主导作用的岩性油气藏。

参 考 文 献

- [1] W E Galloway. Terrigenous clastic depositional systems. Springer-Verlag New York, Inc, 1983. 115~ 118.
- [2] H G Reading, Sedimentary environment and facies, Elsevier, New York, 1978. 196~ 200.
- [3] H E 叔内克著,陈昌明译.陆源碎屑沉积环境.石油工业出版社, 1979. 301~ 302.
- [4] R A Davis, Depositional systems, Practice-Hall International, Inc, London, 1983. 419~ 420.
- [5] R G Walker. Facies models, Geoscience. Canada reprinted series, Geol. Assoc. Canada, 1979. 53~ 60.
- [6] 童晓光主编.塔里木盆地油气勘探论文集.乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 1992. 116~ 158.

Study on the Carboniferous Washover Fan Behind Barrier Island In Donghetang of Tarim Basin

Zhu Xiaomin Wang Guiwen Xie Qingbin

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

In recent 20 years, while having paid attention to studying the modern barrier island sedimentary systems, people have made some researches on sedimentary characteristics of washover fans associated with barrier island and pointed out that there are many washover fans in ancient barrier island sedimentary sequences, which opens up a new field for oil- gas exploration. Directed by modern sedimentary theory, authors studied the Carboniferous washover fans behind barrier island in the Donghetang area of the Tarim basin by full uses of geological, logging and seismic data. The washover fan can be divided into sandstone type and limestone type. The former consists of siltstone, fine sandstone and brown mudstone with graded and parallel beddings. In the sandstone, quartz and chert content is 80% ~ 90% , there are some normal and multicrystal oolites in it. The latter is made up of brecciated tearing debris, fine silt and quartz, chert, coarse silt, which are associated with grey brown siltstone and grey green arenaceous limestone vertically. Grain probability curves of the washover fan almost are characterized by two segments with high content of suspension substance which is up to 30% . The thickness of sandstone type washover fan vertical sedimentary structure sequence, which can be described as " Bouma sequence AE, AAA and ABE" , is 40~ 60 cm. The washover fan of limestone type shows massive structure as a whole, and there developed limestone brecciated with various size and shape, suspending among lime mud and silty sand, and sedimentary thickness is about 1 m, which is associated with normal tidal flat lagoon mud. Affected by storm factor, tempestuous current carrying a great deal of basinal debris passed over barrier island, and formed washover fans extended toward lagoon about 1 kilometer in length and about 10 square kilometer in area in atidal flat lagoon environment at the back of barrier island. The washover fan has good reservoir potential and pinches out quickly laterally, therefore, it's favorable for forming up-dip pinch-out oil- gas pool which has been found in the Carboniferous stfata in the Lunnan area of the Tarim basin.

Key Words washover fan depositional characteristics depositional model oil and gas exploration