

海相深水沉积研究现状及展望

韩小锋¹, 陈世悦², 牛海青²

(1. 中国石油勘探开发研究院 西北分院, 兰州 730020;

2. 中国石油大学(华东) 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘 要: 深水沉积根据沉积物来源可以分为深水异地沉积和深水原地沉积。深水异地沉积是指海洋深水经横向搬运而形成的沉积, 它是相对于垂直降落沉积作用形成的原地沉积而言的。通常前者形成的沉积物比后者的粒度粗。深水异地沉积主要包括重力流沉积和深水牵引流沉积两大类; 深水原地沉积主要包括深水泥页岩沉积。重力流沉积还可以按其发育的沉积环境而划分为扇状沉积体系(海底扇或湖底扇)、沟道或槽谷沉积体系、层状或带状沉积体系等。深水牵引流沉积是 20 世纪 60 年代以来沉积学迅速发展一个新的研究领域。目前深水牵引流沉积的研究主要集中于等深流沉积和内潮汐、内波沉积。深水牵引流沉积的储集性能优于浊流沉积, 故具有重要的含油气潜能。

关键词: 重力流沉积; 牵引流沉积; 深水环境; 油气资源

中图分类号: P512.32; P618.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2008)04-0275-06

0 引言

20 世纪 70 年代末期, 国外油气勘探开始涉足深水领域, 20 多年的勘探实践证明, 深水是油气蕴藏极为丰富的领域。特别是近十几年, 南美、西非大西洋沿岸、墨西哥湾、北海、巴伦支海、喀拉海以及东南亚、澳大利亚西北大陆架等海域相继发现了许多大型油气田, 其勘探领域已扩展到水深 3 000 m 的深海区。据 1997 年统计, 西非地区石油新增储量 31.6×10^8 桶, 其中有 28.6×10^8 桶储量位于深水区, 占新增总储量的 90.5%, 深水区单井控制储量为浅水区单井控制储量的 22.7 倍。墨西哥湾盆地也是深水区勘探最成功的地区之一, 截至 1998 年 1 月, 在水深 > 305 m (1 000 ft) 的区域已发现油气田 104 个, 其中 30 个已投产^[1, 22]。

我国海域的自然环境和资源条件都比较优越, 有 30 多个沉积盆地, 面积近 70 万 km²。据有关科学家预测具有丰富的油气资源量^[7]。随着油气勘探和开发的进展以及沉积相研究的深入, 现已发现许

多油气田的储集层是各种深水异地沉积的砂岩。深水牵引流沉积形成于深水环境, 并与深水泥质岩呈互层产出, 可构成良好的生储盖组合。而且深水牵引流沉积亦可形成规模与海底扇相近的巨大沉积体, 如等深岩丘^[22]。又由于受等深流和深水潮汐、波浪的反复淘洗, 其结构成熟度较浊积岩高得多, 原生孔隙发育, 油气储集性能应比浊积岩好得多, 为深水沉积中颇具勘探前景的潜在油气储集层。随着研究工作的不断深入, 深水牵引流沉积与油气的关系将会被揭示出来, 油气勘探必将会出现一个新的天地。

我国科学家发现, 南海海域某些部位埋藏着大量可燃的“冰”, 其主要成分是甲烷和水分子的结合物(CH₄·H₂O), 学名为天然气水合物, 业内也有人称为甲烷水合物。在海底发现的天然气水合物通常存在于水深 300~500 m 处(由温度决定), 主要赋存于陆坡、岛屿和盆地的表层沉积物或沉积岩中, 也可以呈颗粒状散布于洋底^[6]。这些地点的压力和温度条件使天然气水合物的结构较为稳定。海洋深处的财富越来越多地展现在人们面前, 加强海相深水沉积研究是我们勘探深水油气资源的前提。

收稿日期: 2007-12-20

作者简介: 韩小锋(1982), 男, 陕西宝鸡人, 助理工程师, 硕士, 主要从事地震解释、沉积储层等油气地质勘探研究。通信地址: 甘肃省兰州市雁儿湾路 525 号中国石油勘探与开发研究院西北分院油气所, 邮编: 730020, E-Mail: daijiadj@163.com。

1 深水原地沉积

深水原地沉积是指深水细粒物质经过物理沉降作用或造岩矿物经过化学沉积作用而形成的指示深水原有水动力特征、沉积物成分的沉积。深水环境下原地碎屑沉积以泥质页岩为主。页岩通常指细粒沉积物或者总有机碳(TOC) > 1%的沉积岩。随着石油深水勘探和生产规模的逐渐扩大和成功,了解深水黑色页岩的沉积过程和有机质保存有着重要意义。

(1) 页岩的沉积过程。表层水中原有生物成因物质、水中悬浮的细粒陆源或其他碎屑由于重力作用而垂直沉降于盆地的底部,这个过程非常缓慢。絮凝作用和有机团粒都可以提高沉降和沉积物堆积速率,尤其在高生产力地区,这些作用的效果就更加明显。由于深水其他营力的作用很弱,所以这个过程是连续的,对高分辨率层序地层学和年代地层学都有较好的指示意义。

(2) 页岩中有机质的沉积。进入深水的有机质中有 90% 来自陆源碎屑物质,或原始深水生物在与沉积物结合之前被氧化作用和细菌降解作用所破坏,只有少数保存下来。有机质向沉积物表面的供给速率相当高,输入量超过降解量,因此其中一些有机质就被保存下来。对于有机质沉积作用, Gallois (1976) 提出了 Kimmeridge 粘土黑色页岩的生产力模式,引入了浮游植物繁盛的概念,这种沉积受到季节、海盆环流,经纬度等因素的影响^[2,3]。不过有的学者认为是浊流增加了有机质供应。

(3) 页岩中有机质的保存。在底层水的氧含量相对低或者为零的地方,有机质的厌氧细菌降解速度稍微降低。最显著的是,缺氧抑制了有利于微生物活动的大、小生物底栖活动性。大穴居生物的缺失减少了靠近氧化带沉积物表面的有机质数量,阻止了深渗透孔隙水的循环,抑制了微生物的活动性(Tyson, 1987; Miller, 1990)。当然一个缺氧的环境还远远不够,另外还有很多因素影响有机质的保存,如沉积速度、自然硫化、气候变化(米兰科维奇旋回)等^[13,14](图 1)。

(4) 烃源岩的研究。深水区烃源岩的研究只能根据相邻浅水区钻井和区域对比的方法,通过层序地层格架、沉积相、地震相、地震速度岩性等资料与相邻地区对比识别烃源岩,确定烃源岩的性质和分

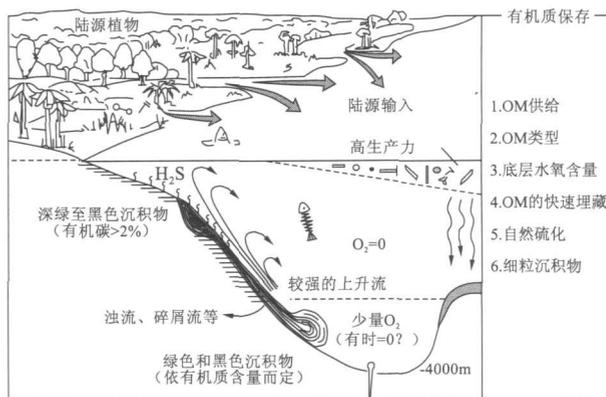


图 1 影响深海环境中有机质(OM)保存的主要因素
(据 D. A. V. Stow, 2001)

Fig. 1 Diagram showing the main factors influencing preservation of hydrocarbon in deep water environment

布。由于勘探方法的局限,勘探程度高的地区积累了研究有效烃源岩的大量地质地球化学资料,烃源岩研究程度也就相对较高。而对勘探程度相对较低的地区来说相对较困难,原因是这些区域钻井较少且较集中,不能满足区域沉积、层序的研究,也就无法进行烃源岩的研究。由于构造活动的差异性、浊流沉积的事件性和气候的多变性,缺氧环境不时被打破,因而烃源岩具有强烈的非均质性,优质烃源岩分布具有层次性与区域性。针对烃源岩成因特征,米立军等针对南海北部地区提出了以体系域为单元评价烃源岩的方法^[4],客观地反映了烃源岩的沉积和地震反射特征,揭示了有效烃源岩的时空分布规律。

2 深水异地沉积

深水异地沉积是沉积学中的一个重要研究领域,包括深水重力流沉积和深水牵引流沉积两大类。后者主要包括等深流沉积和内波、内潮汐沉积。重力流沉积在半深海-深海或深湖区均可发育,而深水牵引流沉积则主要发育于海洋深水环境中。

2.1 深水重力流沉积

从 20 世纪 50 年代开始, Kuenen 和 Migliorini 提出浊流学说,被称为沉积学领域的革命性进展。后来在 Kuenen 和 Migliorini 研究的基础上, Bouma, Middleton, Hampton 和 Walker 等许多学者对浊流沉积又相继作了大量野外观察和室内模拟实验研究。使研究对象从浊流沉积扩展到碎屑流、颗粒流、液化沉积物流等多种重力流沉积,使浊流沉积学说

发展到了重力流沉积学说, 从而革新了碎屑沉积的许多观点, 促进了深水沉积研究的发展^[9-11]。我国在 20 世纪 60 年代就引进了浊流理论, 但实际工作是从 70 年代开始的。在 80 年代达到了研究高潮并取得了一系列研究成果, 此后又对其沉积模式、沉积体系和含矿性进行了深入的研究^[15]。对重力流沉积的研究已经趋于成熟, 各大油田已经投入生产的深水沉积有很大一部分都是浊流沉积。

强烈的裂隙作用使盆地边缘地形突然变陡, 作用于流体的顺斜坡向下的重力导致了湍流运动。在湍流的支撑下, 来自于滨岸带的碎屑物质以很高的密度顺斜坡峡谷向盆地中心流动, 形成一系列的沉积类型。依据不同的标准, 重力流有不同的分类方案。如按其成因或组构特征, 可分为碎屑流沉积、颗粒流沉积、液化流沉积和浊流沉积^[21]。此外各种重力流沉积还可以不同的组合形式发育于不同的沉积环境, 并形成独特的沉积体系来分类。如海(湖)底扇、滑塌浊积岩和沟道沉积等。

2.1.1 海底扇

沃克(1978, 1982)提出海底扇相模式标志着海底扇研究进入相对成熟的阶段。海底扇浊流的拐弯是沉积物重力流沿盆地长轴纵向搬运、沉积造成的。这与湖底的远岸浊积扇^[20]的概念同出一辙, 定义为海洋深水环境下发育的浊积扇, 包括水体陡岸、深水平原各种环境下洪水重力流和滑塌重力流沉积的扇形和层状浊积岩(图 2)。

钟广法等(2005)对塔里木盆地塔东凸起西部中上奥陶统研究过程中发现了叠置的丘状前积反射地震单元, 综合岩心观察、岩屑录井和薄片资料, 确认为海底扇沉积体。海底扇沉积主要由块状砂砾岩、递变层理砂岩、平行层理砂岩、砂纹层理粉砂岩、变形或包卷层理粉砂岩、水平层理泥质粉砂岩或粉砂质泥岩、块状或递变的粉砂质泥岩和泥岩等岩相组成, 形成于中扇和外扇环境, 物源来自研究区南部的岛弧带。海底扇的发现对于塔东凸起乃至整个塔里木盆地中上奥陶统的油气勘探具有重要意义^[12]。

2.1.2 滑塌浊积岩

滑塌浊积岩大多是由浅水区的各类砂体, 如三角洲、扇三角洲和浅水滩坝等, 在外力作用下沿斜坡发生滑动、再搬运在洼陷深处形成的浊积岩体, 其砂体形态有席状、透镜状和扇状。滑塌浊积岩岩性变化大, 与浅水砂体的岩性密切相关。所以对于滑塌浊积岩的沉积特征不能一概而论, 只能针对不同位置具体分析。滑塌浊积砂体的研究扩大了油气勘探

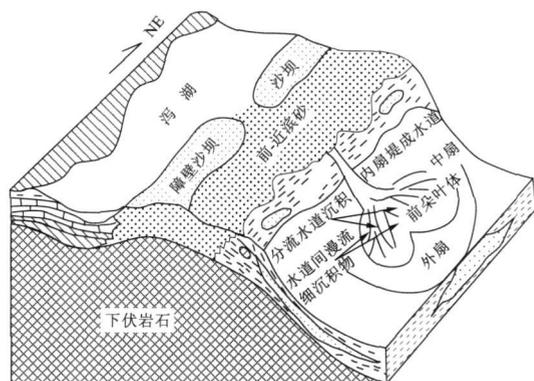


图 2 浊积扇沉积相模式(据罗顺社等, 2000)

Fig. 2 Deposition phase model of turbidite fan

领域, 它的发现说明在近岸砂体的前方还可以找到与其相关联的含油砂体, 组成从近岸浅水砂体与深水浊积砂体的含油沉积体系, 也更完善了湖泊沉积体系。

刘保华等通过对冲绳海槽 2 000 多 km 的实测单道地震资料(95 和 99 航次)和沉积物柱状样(92 航次)分析, 认为滑塌和重力流是冲绳海槽西部陆坡(东海陆坡)碎屑沉积物向海槽搬运的重要方式; 分析结果表明, 东海西部陆坡这两种作用是广泛存在的。陆坡沉积物堆积速率、地形坡度和构造活动、地震、海啸等因素造成了陆坡南、北和中段之间的滑塌和重力流发育程度存在差异。海底滑塌和重力流这两种作用可以同时发生, 也可以单独发生, 但柱状样揭示重力流发生得更频繁。从空间分布上看, 海底滑塌主要分布于上陆坡的断裂带附近, 平行海槽呈带状延伸; 而重力流沉积主要分布于断裂带向下一直到槽底的部位。重力流沉积主要有 4 种表现形式: 沉积物重力蠕动、浊积平原、透镜状浊积体和沿斜坡的碎屑流沉积。上述研究表明, 滑塌和重力流不仅是陆架向海槽输送物质的重要方式, 也对陆坡沉积结构的塑造起了重要的作用^[18]。

2.1.3 沟道沉积

沟道浊积岩是一种沿盆地内轴向断凹或沟槽沉积的非扇形浊积砂砾岩体。自 1980 年以来, 关于海相轴向水道浊积岩体的报导陆续出现。

沟道砂砾岩成分成熟度和结构成熟度都较低, 沟道浊积岩的砂砾岩体通常夹于正常沉积作用形成的半深湖-深湖亚相暗色泥岩、泥灰岩中。

递变层理、叠覆递变层理、滑塌变形层理等是沟道沉积岩中常见的具有典型重力流成因特征的层理类型。由于断槽狭窄, 坡度较陡, 砂砾岩中丰富的滑

塌变形构造的泥质撕裂屑也是沟道型砂砾岩体有别于扇形重力流沉积体的重要标志^[6]。

赵国连等(2004)对渤海湾及其外围古近系有利于油气的沉积相的特点和分布,以及它们对油气分布的影响进行了研究。研究表明在诸多沉积相类型中沟道浊积相在该区域内发育广泛,且是油气综合评价最有利的相带^[16]。

2.2 深水牵引流沉积

深水牵引流(深水底流)沉积是20世纪60年代以来沉积学迅速发展的一个新的研究领域,目前深水牵引流沉积的研究主要集中于等深流沉积和内潮汐、内波沉积。

2.2.1 等深流沉积

Heezen等人(1966)在对北大西洋陆隆水动力条件和沉积物进行观察、研究后,首先提出了等深流这一术语。他们认为,等深流是由于地球旋转而形成的温盐环流(thermohaline circulation),它平行海底等深线作稳定的低速流动(5~20 cm/s),主要出现在陆隆区,亦称等高流、水平流、平流等^[15,17]。在此以后,等深流这一术语逐渐被人们所接受并得到了广泛的应用。

等深流沉积中,等深岩丘是一种重要的沉积类型。大量的海洋学调查和研究都发现,在深海中存在着许多由等深流沉积物构成的堆积体,这种堆积体的规模可与浊流沉积形成的海底扇相比拟,其中大多数都是等深岩丘。它们呈长条形或伸长状,横剖面上呈丘状,长度一般为数十至数百千米,宽可达数十千米,高出周围海底0.1~1 km,有时甚至可达2 km以上^[15]。

人们还在古代地层记录中发现了3个等深岩丘,即阿拉伯克拉通大陆边缘白垩系塔勒梅亚费组碳酸盐等深岩丘、湘北九溪下奥陶统碳酸盐等深岩丘和鄂尔多斯地区西缘中奥陶统平凉组碳酸盐等深岩丘^[8,21]。等深岩丘由于受等深流和深水潮汐、波浪的反复淘洗,其结构成熟度较浊积岩高得多;同时,等深岩丘原生孔隙的发育,其油气储集性能应比浊积岩好得多,为深水沉积中颇具勘探前景的潜在油气储集层^[19]。

2.2.2 内潮汐、内波沉积

内波和内潮汐是海洋学研究的一项重要成果。内波是一种水下波,它存在于两个不同密度的水层的界面上,或存在于具有密度梯度的水层之内;在所有的大洋中均有内波存在,而它的振幅、周期、传播速度及存在的深度有很大的变化。内潮汐是内波的

一种重要类型,它的周期等于半日潮或日潮。内潮汐在海洋中普遍存在,而在深水区(一般水深200~250 m)内潮汐表现得尤为明显^[23]。

已发现的内波、内潮汐沉积一般多为中-细砂岩至粉砂岩、泥岩,也有碳酸盐岩(颗粒灰岩),并与深水原地沉积伴生或夹于深水原地沉积之中(图3)。

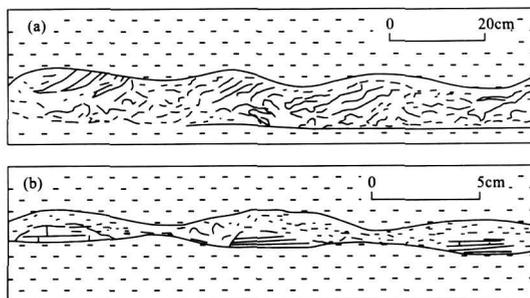


图3 砂泥韵律性互层沉积
(据李建明,2005)

Fig.3 Sand & mud rhythmic deposition

由于内潮汐和内波作用引起的海底流动为双向往复流动,不但流速变化大,而且水流反复倒向,同时这种双向往复流动造成近海底水流浑浊度高,所以这种环境不利于底栖生物生存。因而一般情况下内潮汐和内波沉积中缺乏生物扰动构造。

非水道型深水内波、内潮汐沉积一般发育有由砂泥频繁薄互层构成的对偶层双向递变层序和对偶层单向递变层序,单砂层很薄,油气勘探意义可能不大。广泛分布的大型沉积物波(分为粗、细粒两种)和水道口附近的内潮汐砂坝是两种比较特殊的内波、内潮汐沉积建造。根据现有研究实例和沉积成因水流理论分布范围等,建立了深水内波、内潮汐综合沉积模式。我国沉积学工作者一直在该领域进行不懈的研究,先后在浙江、新疆、甘肃、江西、湖南、宁夏等地的寒武系、奥陶系、泥盆系、二叠系、三叠系等层系中发现了内波、内潮汐沉积并进行了研究(何幼斌等,2003,2005),在该领域处于世界领先地位。

3 存在问题

(1) 由于陆坡深水地层埋藏深度相对减小,与陆架区及湖相深水沉积相比,同样的烃源岩成熟度要低。影响烃源岩成熟度的因素有:地质环境、温度、时间、细菌、催化剂、放射性等物理、化学及生物条

件。陆坡地区的烃源岩与其他几个位置的烃源岩相比, 由于距离物源较远, 影响了烃源岩的组成, 影响烃源岩成熟度的主要因素不再是埋藏深度, 而且烃源岩的成熟度也随之降低。

(2) 古代地层中深水牵引流的沉积较难识别, 特别是等深岩丘的识别可能是等深流沉积领域最大的难题。深水牵引流(深水底流)沉积是 20 世纪 60 年代以来沉积学迅速发展一个新的研究领域。目前深水牵引流沉积的研究主要集中于等深流沉积和内潮汐、内波沉积。等深流沉积研究从 60 年代中期起步, 在经历半个世纪的研究之后已经取得了巨大成果, 尤其是现代等深流沉积研究方面。目前对等深岩丘的发现是该领域最为重要、最具特色的突出成果, 已在深海区发现大量规模可与海底扇相比拟的大型现代等深岩丘, 地层记录中也有发现^[17]。内潮汐、内波沉积研究始于 90 年代初期, 进展很快, 现已对其形成机理、结构、构造、层序、岩相特征及鉴别标志进行了系统研究。尽管如此, 由于深水牵引流沉积物粒度较细, 常为中-细砂岩至粉砂岩、泥岩, 也有碳酸盐岩(颗粒灰岩), 所以对其勘探也提出了更高的要求。同时, 海相深水牵引流不像陆相牵引流一样有相对稳定的水道, 这更使得深水牵引流沉积体分布的规律难以把握。由于深水牵引流沉积的储层特征决定了深水牵引流沉积的储集性能优于浊积岩, 我们要解决上述的难点以挖掘其中巨大的含油气潜能。

(3) 我国古代沉积以陆相湖盆沉积为主。所以对于地层记录中等深岩的研究虽然有了相当数量的报道, 但研究的层位很局限, 远远不能反映海相深水等深流的全貌。例如华北地块石炭-二叠系虽然是海相沉积, 但其沉积体系为盆地陆表海-冲积平原地质背景, 发育台地体系、碎屑滨岸体系、三角洲体系、河流体系等沉积体系。我国对海相深水沉积的研究重点应该放在已知海相沉积中细化研究水体环境和发掘沿海地区古近系以来的深水沉积资源。

(4) 深水沉积环境地区的微环境研究对提高地层划分的分辨率, 深入了解深水旋回沉积作用和大构造背景具有重要意义。因为深水地区沉积相对稳定, 所以能够连续记录地层发育的特征, 也正是由于它相对稳定的特征, 导致深水沉积地区旋回特征研究难度相对更大, 需要我们更加深入研究其沉积特征。

4 展望

在国内等深流沉积研究中, 尽管等深流沉积的研究发展十分迅速, 取得了不少成果, 但仍存在一些缺陷和尚待解决的问题, 我们今后的工作应该围绕以下几个方面展开:

(1) 对古代等深流沉积的研究程度远远不如对现代等深流沉积的研究, 特别是对古代等深岩丘的研究还十分薄弱, 目前见诸文献报道的古代等深岩丘仅有 3 例, 而且全为碳酸盐岩, 而对碎屑岩等深岩丘的识别研究则存在着更多问题。今后应该侧重古代等深岩丘的识别和研究, 特别要注意对碎屑岩等深岩丘的识别和研究, 并加强与已知现代硅质碎屑岩等深岩丘的对比研究。

(2) 等深流沉积作为深水牵引流沉积的一种重要类型, 等深流沉积的识别迄今尚未建立起一套完善的识别标志, 又因技术、条件问题, 迄今尚没有开展对现代海洋中等深流及其沉积作用的研究。我们应尽可能多地识别出其他深水牵引流沉积类型, 如内潮汐、内波沉积等。只有在对大量深水牵引流沉积实例综合分析、正确识别的基础上, 才能全面了解等深流的沉积特征及其鉴别标志, 总结出基本规律, 从而促进研究的进展。

(3) 加强对深水沉积形成机理的研究, 并与其他深水大型沉积形成机理研究相结合, 以期获得大量有关等深流沉积形成机理的有用信息和新认识。同时与海洋学研究紧密结合, 促进海洋沉积学的发展, 只有沉积机理研究清楚之后, 我们的研究才能更好地指导科研生产。

(4) 通过现代调查研究手段, 如地震波识别、遥感等, 建立一些标准, 包括现代深水沉积的识别标志、各种扇体、沟道、滑塌沉积在地震剖面上的识别标志及古代等深流沉积的鉴别特征, 形成沉积学、古生物学和古地理三大类标志。

参考文献:

- [1] 杜翎. 世界油气勘探领域的新进展[R]. 河北: 海洋石油勘探开发研究中心, 1998: 11-141.
- [2] 蒲书箴, 董兆乾, 于卫东. 南印度洋绕极深层水的性质和空间分布以及南极绕极流的作用[J]. 海洋科学进展, 2007, 25(1): 1-8.
- [3] 兰健, 鲍颖, 于非, 等. 南海深水海盆环流和温的季节变化跃层深度[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(4): 437-445.

- [4] 米立军, 刘震, 张功成. 南海北部深水区白云凹陷古近系烃源岩的早期预测[J]. 沉积学报, 2007, 25(1): 139-145.
- [5] 杨川恒, 杜棚, 潘和顺, 等. 国外深水领域油气勘探新进展及我国南海北部陆坡深水区油气勘探潜力[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 247-256.
- [6] 胡志鹏, 白彬. 可燃冰: 未来能源的希望[J]. 飞碟探索, 2005, (3): 37-38.
- [7] 甘克文. 我国海上油气勘探前景及邻国关系问题简析[J]. 石油科技论坛, 2005, (6): 27-29.
- [8] 刘成鑫, 高振中, 纪友亮, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘奥陶系深水牵引流沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(2): 31-36.
- [9] Richardm, Bowmanm. Submarine fans and related depositional: variability in reservoir architecture and wire line log character[J]. Marine and Petroleum Geology, 1998, 15: 821-839.
- [10] Catuneanu o, Hancox pj, Cairncrossb, et al. Fore deep submarine fans and forebulge deltas: orogenic off loading in the under filled Karoo Basin[J]. Journal of African Earth Sciences, 2002, 35: 489-502.
- [11] Takahiros, Makotoi. Deposition of sheet like turbidite packets and migration of channel over bank systems on a sandy submarine fan: an example from the Late Miocene Early Pliocene Forearc Basin, Boso Peninsula, Japan[J]. Sedimentary Geology, 2002, 149: 265-277.
- [12] 钟广法, 刘学锋, 邓常念, 等. 塔里木盆地塔东凸起西部中上奥陶统地震层序与海底扇沉积[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2006, 31(3): 366-371.
- [13] 蔡雄飞. 深水沉积环境条带状层理的分类特征及意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(4): 84-88.
- [14] Stow D A V(周立君译, 侯贵卿校). 深水黑色页岩的沉积过程[J]. 海洋石油, 2002(3): 75-80.
- [15] 李东海. 深水异地沉积与油气勘探[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(1): 5-7.
- [16] 赵国连, 赵澄林, 叶连俊. 渤海湾盆地“四扇一沟”沉积体系及其油气意义[J]. 地质力学学报, 2005, 11(3): 245-256.
- [17] Heezen B C, Hollister C D, Ruddiman W F. Shaping of the continental rise by deep geostrophic contour currents[J]. Science, 1966; 152: 502-508.
- [18] 刘保华, 李西双, 赵月霞, 等. 冲绳海槽西部陆坡碎屑沉积物的搬运方式: 滑塌和重力流[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(1): 1-9.
- [19] 许文彬, 徐茂泉, 孙美琴. 等深流沉积研究现状与展望[J]. 台湾海峡, 2004, 23(3): 394-402.
- [20] 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 54.
- [21] 李建明, 王华, 何幼斌. 浙江临海上奥陶统复理石中的内潮汐沉积[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(1): 1-5.
- [22] 何幼斌, 高振中, 罗顺社, 等. 深流沉积的特征及其鉴别标志[J]. 江汉石油学院学报, 1998, 20(4): 1-5.
- [23] 刘丽军. 深水牵引流沉积特征及研究现状[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 369-374.

THE PRESENT RESEARCH STATUS OF DEEP-WATER DEPOSITION AND FORECASTS

HAN Xiao-feng¹, CHEN Shi-yue², NIU Hai-qing²

(1. The Northwest Branch of China Petroleum Exploration and Development Institute, Lanzhou 730020, China; 2. School of Earth Resources and Information of China Petroleum University, Dongying 257061, Shandong, China)

Abstract: According to sources of the sediment the deep water sediments can be divided into the allochthonous and the autochthonous types. The allochthonous means deposition through cross transportation (corresponding to vertical settlement of sediment) in deep water of the sea or the lake. Usually, the deposition through cross transportation is coarser than the vertical settled sediments. The allochthonous deposition mainly includes the gravity current settled sediments and the tractive current settled sediments. The autochthonous mainly includes the argillaceous deposit. The gravity current deposition also may, according to different environment, includes the fan like deposition system (submarine fan or sublacustrine fan), the channel or the trough valley deposition system, bedded or banded deposition system and so on. The tractive current deposition has been a new field of sedimentological research since the 60s of 20th century. At present the research of the deep water tractive current deposition mainly focus on contourite and internal tide, internal wave deposition. The oil storage evaluation of the deep water tractive current deposits is better than turbidite rock, therefore it has extremely great capability of accumulation of hydrocarbon.

Key Words: gravity current deposition; tractive current deposition; deep water setting; hydrocarbon resources