

罗泉源, 焦祥燕, 何小胡, 等. 琼东南盆地西区黄流组重力流水道沉积特征及其控制因素[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(7): 25-33.

LUO Quanyuan, JIAO Xiangyan, HE Xiaohu, et al. Sedimentation and controlling factor of gravity flow channels in the Huangliu Formation in the western of the Qiongdongnan Basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(7): 25-33.

琼东南盆地西区黄流组重力流水道 沉积特征及其控制因素

罗泉源, 焦祥燕, 何小胡, 王立锋, 陈杨

(中海石油(中国)有限公司海南分公司, 海口 570312)

摘要:近年来, 琼东南盆地西区中新统岩性圈闭是南海天然气勘探的热点, 发现多个中—大型气田, 已发现的气田为海底扇、重力流水道储集体。为了发现更多油气, 提高重力流水道的勘探成功率, 应加强重力流水道识别及控制因素分析。利用三维地震资料、已钻井岩芯、壁芯、测录井、地层微电阻率扫描成像(FMI)测井及分析化验等资料, 对琼东南盆地西区黄流组重力流水道的地震相、岩-电相、沉积构造等沉积特征及其控制因素进行了综合研究。结果表明, 琼东南盆地西区黄流组发育早、晚 2 期水道, 主要发育主水道、漫溢-天然堤、滑塌泥、水道间和陆坡泥 5 种沉积微相。2 期水道的形成演化和主物源方向主要受控于海平面变化、古地貌及构造活动。黄流组早期水道主要发育在莺歌海-琼东南盆地结合部, 表现为数量多、规模较小、分支性强、辫状化等特征; 黄流组晚期水道限制于乐东-陵水凹陷中央峡谷内, 表现为单支轴向限制性水道、纵向上多期发育的特征。

关键词:琼东南盆地; 黄流组; 水道; 沉积特征; 岩性圈闭; 重力流; 海底扇

中图分类号: P736; P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.080

0 引言

随着世界各地石油勘探不断走向深水, 重力流水道已成为重要的油气储层, 也是未来油气勘探的热点和重点。20 世纪 40 年代, 人们在北美大陆边缘中发现了深水水道, 引起了石油地质学者对水道的广泛关注。水道既可以作为物源通道搬运深水物质, 也是一种典型的沉积体系类型, 可以发育有利储层^[1-2]。水道具有狭长的负地貌特征, 关于水道分类的划分方案也多种多样^[3-6]。2011 年, MARTIN 等^[7]通过实验室模拟分析了水道形成的动力机制

和控制因素, 提出了水道演化的 3 种模式: 水道加积-增宽、水道下切-增宽和水道下切-变窄。

随着“深海一号”深水大气田的成功投产, 证实了乐东-陵水凹陷具有良好的生烃潜力。目前的勘探成效表明, 南海北部琼东南盆地的天然气发现与海底扇、重力流水道的发育密切相关。前人在水道的沉积控制因素、水道的地震识别及资源潜力方面取得了一定认识, 如李丽等^[8]认为琼东南盆地南部深水水道发育受古地貌、海平面升降等因素控制, 中新世水道(复合体)广泛发育于西沙碳酸盐岩台地西侧; 尹继全等^[9]认为, 综合三维地震地震相解释并结合相干体、分频、属性等资料可以描述水道等沉积单元、预测有利储层。研究区三维地震资料基本上全覆盖, 盆地西部陆坡区发育有大量残余的重力流水道, 勘探潜力大^[10-13], 为了降低碳排放, 天然气是当前的重点勘探方向, 进一步加强水道识别及沉积模式研究, 有利于发现更多天然气。因此, 本文综合运用三维地震资料、已钻井岩芯、壁芯、测录井、FMI 成像测井及分析化验等资料, 对琼东

收稿日期: 2022-03-25

资助项目: 国家“十四五”科技重大专项“南海深水盆地油气运聚成藏分析与突破方向”(KJGG2022-0103); 国家“十四五”科技重大专项“复杂边缘海盆地深层/超深层油气成藏条件与成藏机制研究-莺琼盆地”(KJGG2022-0404)

作者简介: 罗泉源(1989—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事沉积、层序地层学方面的研究工作。E-mail: luocy725@126.com

南盆地西区黄流组重力流水道的地震相、岩-电相、沉积构造等沉积特征及其控制因素进行了综合研究,促进了对琼东南盆地西区水道的认识。

1 研究背景

琼东南盆地为一新生代大陆边缘断拗盆地,位于南海北部,北边与海南隆起相邻,东北部为神狐

隆起,南靠永乐隆起,西边与莺歌海盆地以 1 号断层为界相接。盆地呈 NE-SW 向展布,平面上呈“三拗两隆”的构造格局,即分为北部拗陷带、中部隆起、中央拗陷带、南部隆起和南部拗陷带(图 1)。其构造演化经历了古近纪断陷阶段和新近纪—第四纪拗陷阶段,依次沉积了始新统岭头组,渐新统崖城组、陵水组,中新统三亚组、梅山组、黄流组,上新统莺歌海组和第四系乐东组^[14-16]。

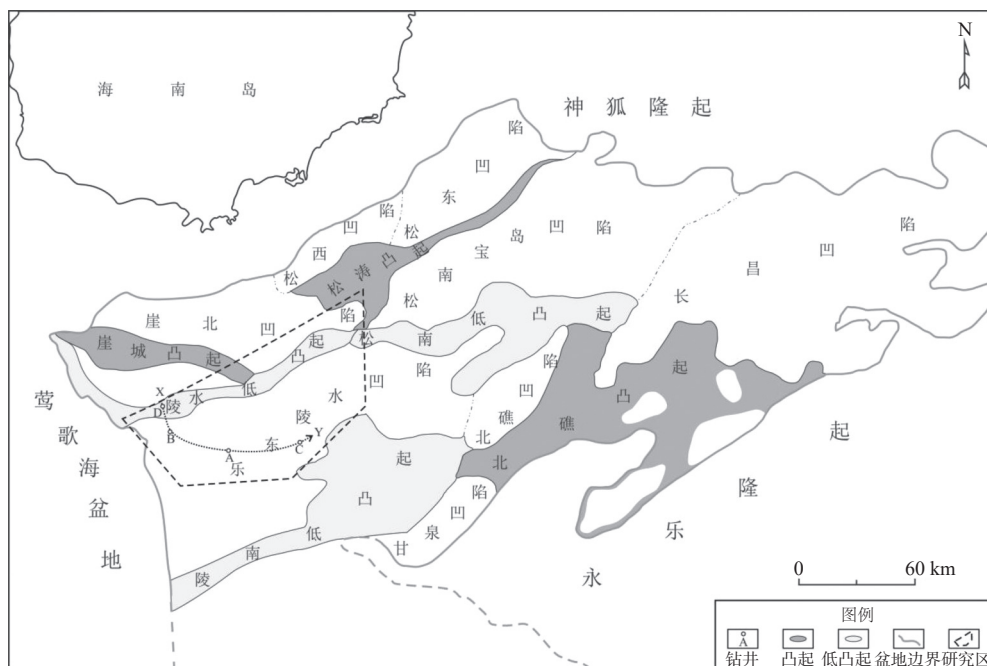


图 1 琼东南盆地构造分区

Fig.1 Tectonic division of the Qiongdongnan Basin

晚中新世,盆地进入裂后加速沉降期。中央拗陷带北部边界附近发育横向单一的沉积坡折,三号断裂带附近早期的挠曲坡折地形也消失了,陵水-乐东凹陷的热沉降中心逐渐统一,并迁移到乐东凹陷内。与此同时,莺歌海海域通过莺歌海盆地南部隆起中间的低谷地区与琼东南海域相通,莺歌海-琼东南盆地(以下简称莺-琼盆地)在乐东凹陷形成共同的大沉降低洼区,开始形成统一的沉积体,物源供应和水动力条件开始互相影响。受构造背景和全球海平面大规模下降的影响,黄流组沉积时期盆地物源充足,发育下切浊水道,水道延伸范围贯穿整个盆地^[17]。

研究区关于水道的勘探发现主要集中于现今深水区。随着研究的深入及新三维资料的连片处理发现,在浅水区也存在一些重力流水道,表现为下切规模相对较小、高弯度特征,砂体分布局限,仍

有一定的勘探潜力,也是黄流组水道今后的主要勘探方向。

2 水道相标志

2.1 水道岩相特征

(1) 岩性和粒度特征

通过对琼东南盆地西区已钻遇水道砂的钻井岩芯观察,黄流组水道总体上以大套浅灰—灰白色块状细砂岩为主,夹薄层浅灰色粉砂岩。细砂岩、粉砂岩以浅灰色为主,泥岩以灰色和深灰色为主,指示了还原沉积环境(图 2a、b、c)。

分析研究区黄流组已钻井的粒度概率累积曲线发现,粒度概率曲线表现为二或三段式,缺乏滚

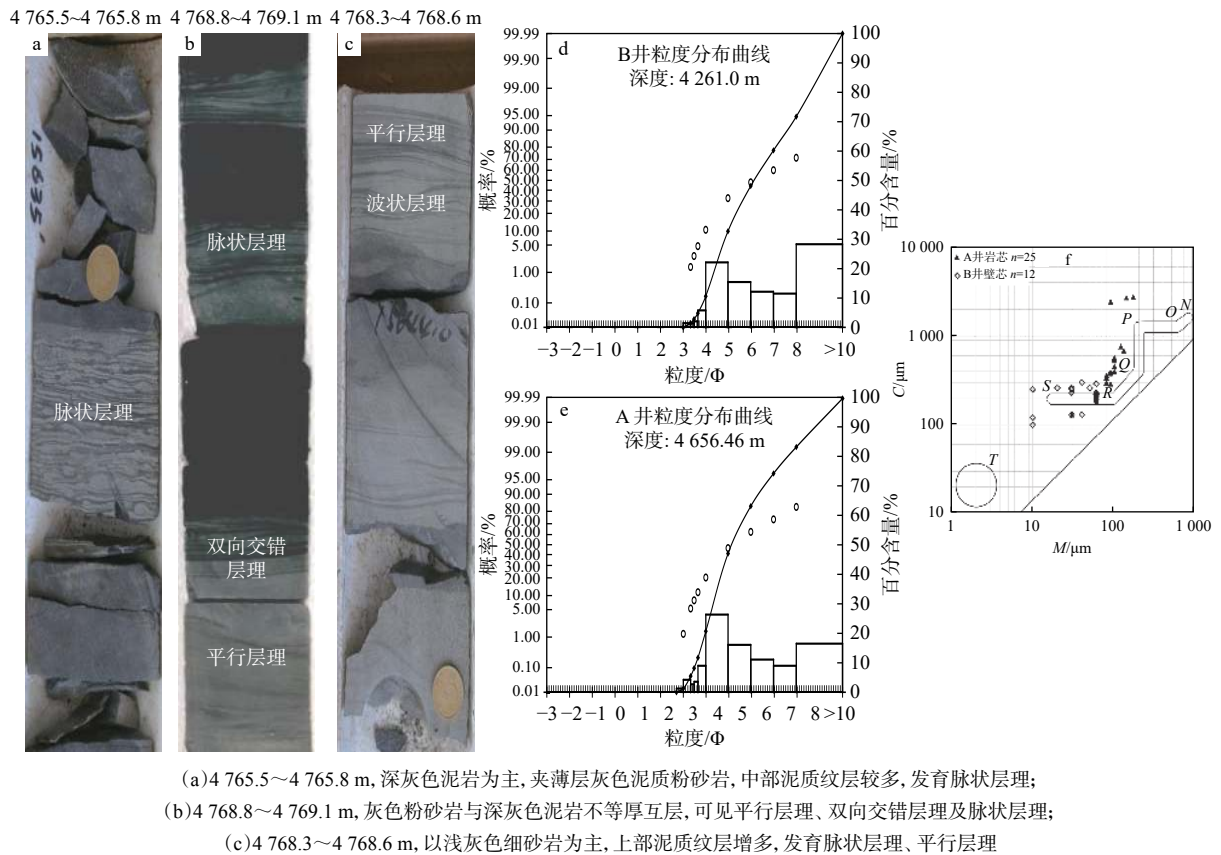


图 2 A、B 井沉积构造特征

Fig.2 Characteristics of sedimentary structure in Wells A and B

动组分, 跳跃总体发育、斜率较高, 分选较好、跳跃组分累积含量约 60%, 说明为远源沉积(图 2d、e)。B 井基本平行于 C(累积曲线上含量为 1% 的粒径值)-M(累积曲线上含量为 50% 的粒径值)图的 SR 段, 表现为牵引流的沉积特征(图 2f)。A 井 C-M 图取样点大部分平行于 C-M 线, 主要为浊流成因, 部分点平行于 SR 段, 说明受到了牵引流(潮流)作用的影响。

(2) 构造特征

在琼东南盆地西区的 B 井和 A 井分别获取了黄流组壁芯和岩芯。A 井岩芯发育砾岩-泥岩撕裂屑、反递变层理, 反映重力流水道的浊流沉积特征; 同时可以见到脉状层理、平行层理、双向交错层理, 说明有牵引流的影响(图 2a、b、c)。

从上述论述可以看出, 黄流组轴向水道除了表现为重力流成因沉积特征外, 某些层段呈现出牵引流成因, 反映海流潮汐对水道的改造作用, 泥质被大量冲走, 使水道砂具有较好物性和均质性, 水道长时间(多期)有规律地沿着坡折走向分布, 而事件性重力流是较难保持长期性这种特征的。综合研究表明莺-琼盆地莺黄组轴向水道主要为

重力流成因, 但受海底流搬运改造, 具有较好的孔渗条件。

2.2 水道测井相特征

(1) 测井曲线幅度、形态特征

前面已经从岩性、粒度、沉积构造方面对岩相特征进行了分析, 进一步对测井相进行划分, 主要结合测井曲线的幅度、形态特征、岩性组合和电成像特征, 在此基础上建立琼东南盆地西区黄流组水道典型沉积微相识别图版(图 3、4)。

通过分析琼东南盆地西区黄流组已钻井, 认为黄流组发育主水道、漫溢-天然堤、滑塌泥、水道间和陆坡泥等 5 种微相类型, 在测井曲线上表现为以下特征: 主水道微相以高幅箱形为主; 漫溢-天然堤微相以中幅微锯齿化指形为主; 滑塌泥表现为中值微锯齿化漏斗形; 水道间为低幅锯齿化箱形; 陆坡泥主要为低幅平直线形。

(2) 电成像特征

电成像一般指微电阻率成像(FMI), 对于岩性和沉积构造特征能够很好的识别。静态图像的明暗变化可以反映岩性的粗细变化, 一些构造特征可

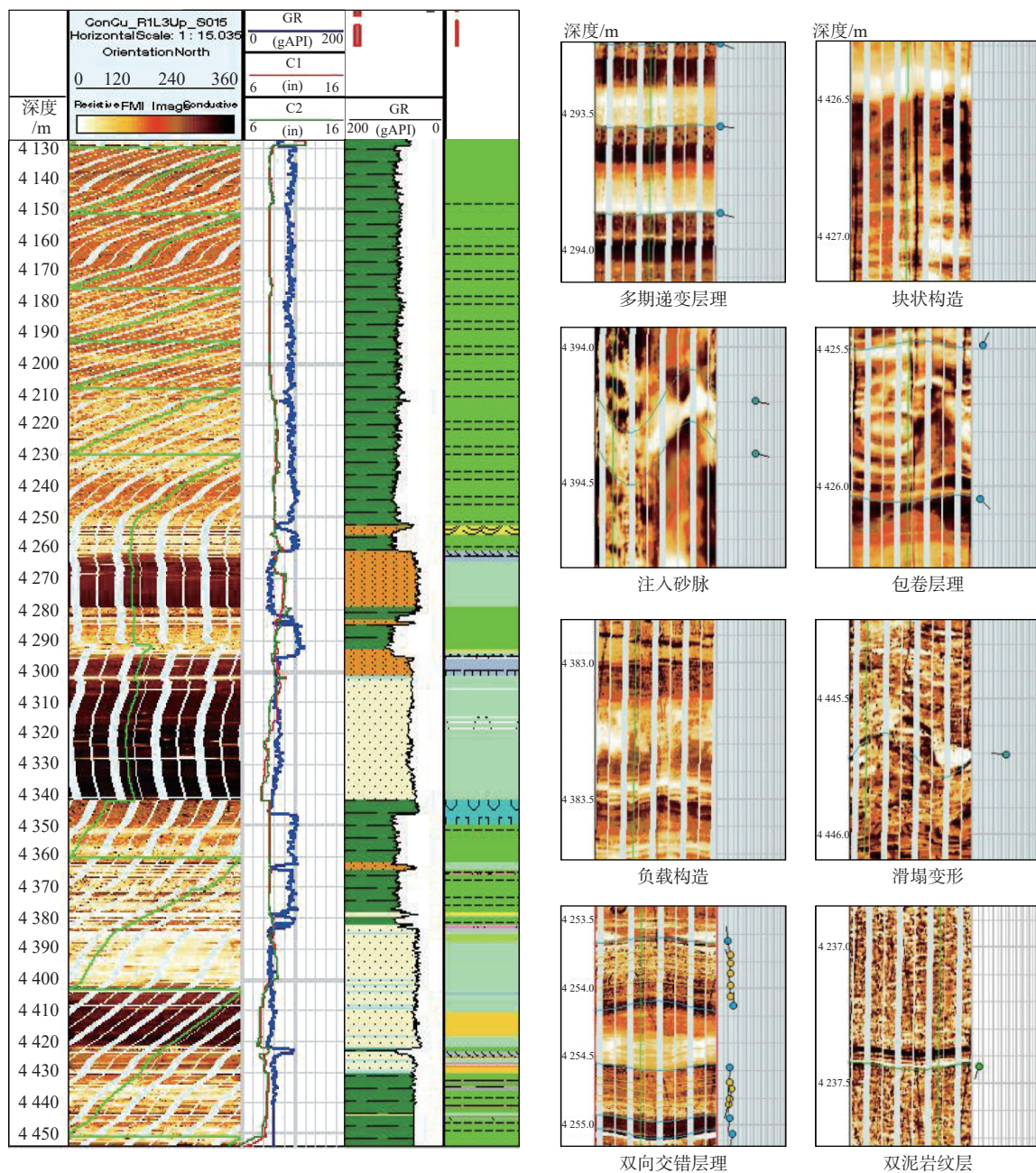


图3 B井FMI测井沉积构造特征

Fig.3 The characteristics of sedimentary structure of Well B revealed by FMI logging

以在动态图像上识别出来。B井黄流组的FMI成像图上可以见到冲刷面构造、低角度层理和块状层理,反映了重力流特征;还可见到滑塌变形、破碎特征,这是典型的重力流沉积构造;泥岩段的FMI图上可以见到块状构造和水平层理,表现为半深海或陆坡泥常见的沉积构造特征(图3、4)。

综合分析认为黄流组发育水道沉积,可分为5种沉积微相,各典型微相的识别标志如下:

(1) 主水道微相

主水道微相是研究区最常见的沉积类型,岩性

以浅灰色细砂岩、粉砂岩为主,砂岩质纯。FMI图上可见到冲刷面构造、低角度层理和块状构造,表现为明显的重力流特征;在GR曲线上为高幅箱形,整体呈现正韵律特征。

(2) 漫溢-天然堤微相

漫溢-天然堤微相发育在主水道的侧翼,由于主水道沉积时快速堆积,沉积物从水道壁漫溢沉积形成的。岩性以灰色粉砂岩为主,分选较好。FMI图上可见到层状构造和块状构造;在GR曲线上以锯齿化指形为主,表现为中—低幅特征。

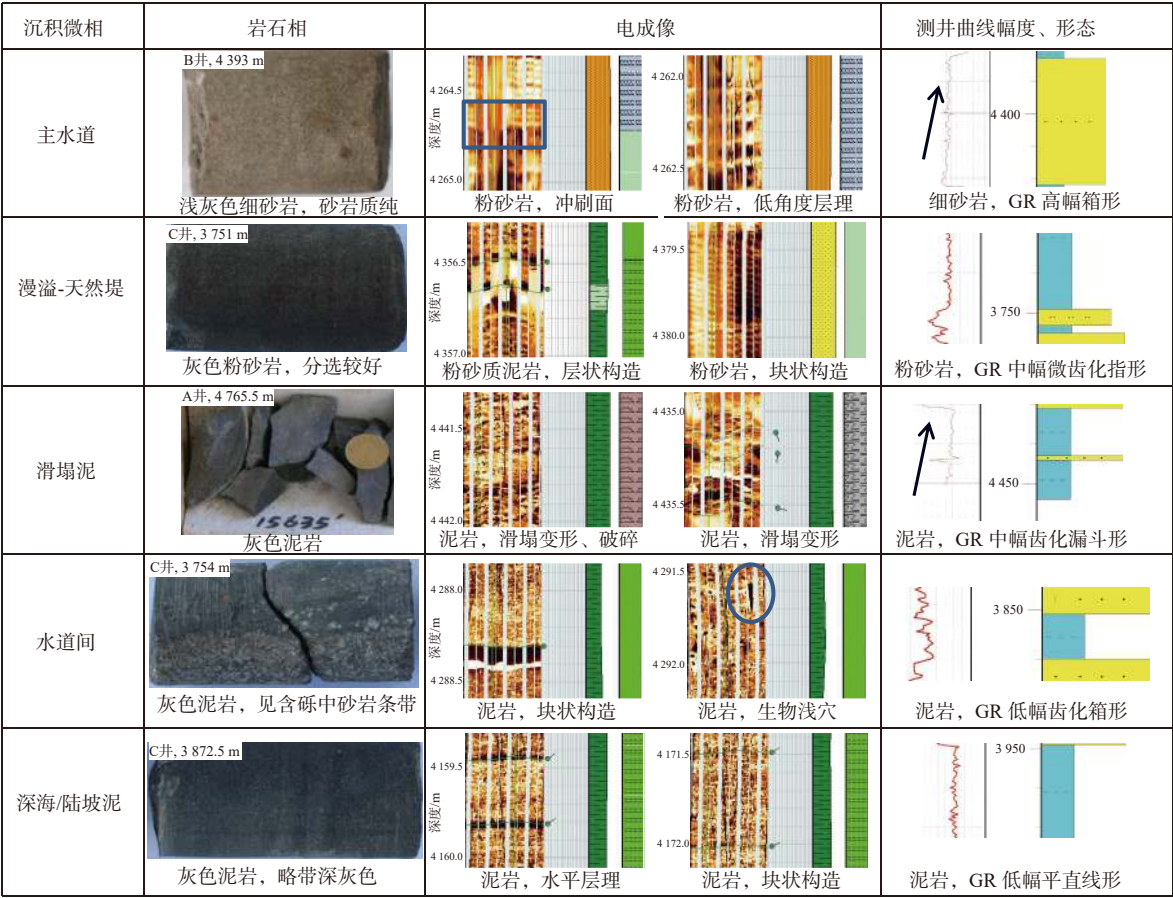


图 4 黄流组水道典型沉积微相识别图版

Fig.4 The image plate of typical sedimentary microfacies of the channels in the Huangliu Formation

(3) 滑塌泥微相

滑塌泥微相岩性为灰色厚层泥岩, 夹少量泥质粉砂岩; 发育的沉积构造以滑塌变形为主, 可见包卷层理、负载构造、注入构造; GR 曲线上为漏斗形, 且高值微齿化, 说明沉积时快速堆积。

(4) 水道间微相

水道间微相位于 2 个水道之间, 岩性以灰色泥岩、粉砂质泥岩为主, 偶见含砾中砂岩条带。FMI 图上可见块状构造、生物浅穴; GR 曲线上以低幅齿化箱形为特征。

(5) 陆坡泥微相

陆坡泥微相岩性以厚层灰色泥岩为主, 泥岩色深、质纯。FMI 图上可见块状构造和水平层理; GR 曲线上为平直线形, 幅度较低, 说明沉积时水动力较弱且水体较稳定。

2.3 水道地震相特征

乐东凹陷黄流组水道是半深海泥岩背景下沉积的水道型富砂沉积体, 在平面上呈 NE—SW 向展布, 沿地形轴向分布, 自东向西水道数量增多、规模

减小(图 5)。黄流组水道群表现为小规模、高弯度、多期切割的辫状化水道特征, 向北可以追溯到莺东斜坡岭头区, 向南延伸至莺-琼结合部, 大角度拐弯进入琼东南盆地乐东凹陷, 最终在乐东凹陷东区汇聚。

在地震上水道表现为明显的低频强振幅反射, 横切水道的剖面上水道下切特征明显(图 5), 垂向上多期水道相互切割, 在图 5 的 CD 及 EF 剖面上可见明显的 2 期水道, 图 5 水道内为不同砂体的振幅属性, 分别为早期峡谷水道和晚期峡谷水道, 晚期峡谷水道切割早期峡谷水道。

在顺水道剖面上, C 井钻遇晚期峡谷水道, 表现为低频、连续、强振幅反射, 下切特征明显, 井上钻遇中—细砂岩、细砂岩, 砂岩厚度 5~50 m, 储层中孔、高渗, 物性好(图 6)。剖面左边有 2 个早期水道暂无井钻遇, 地震上低频、连续、强振幅反射特征明显, 地震特征与 C 井类似, 预测也发育有利储层, 为下一步的有利勘探目标。两水道之间的弱反射为水道间微相, 表现为不连续弱振幅反射。

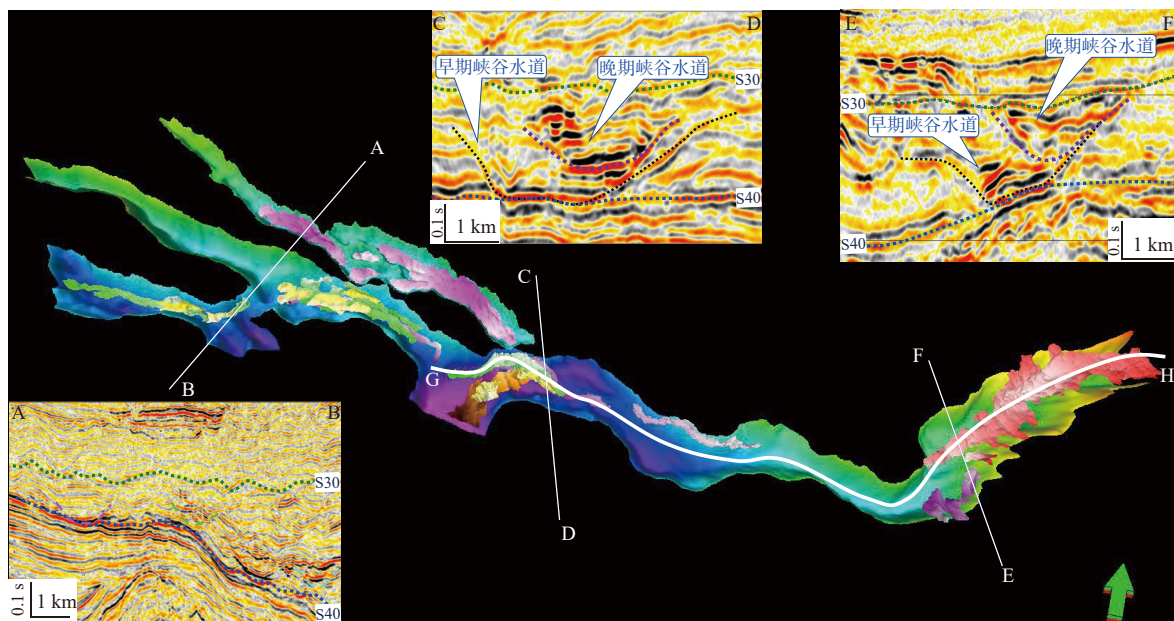
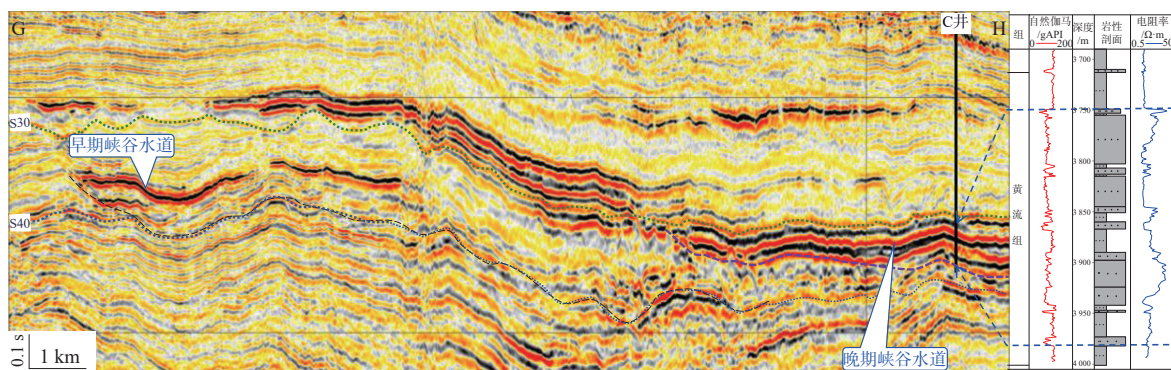


图5 琼东南西水道体系三维显示图

Fig.5 The 3D diagram of the channel system in the western Qiongdongnan Basin



剖面位置见图5中GH

图6 过黄流组水道典型地震剖面

Fig.6 Typical seismic section and stratigraphic interpretation of the channel deposit in the Huangliu Formation

3 黄流组水道沉积主控因素与沉积模式

3.1 水道沉积主控因素

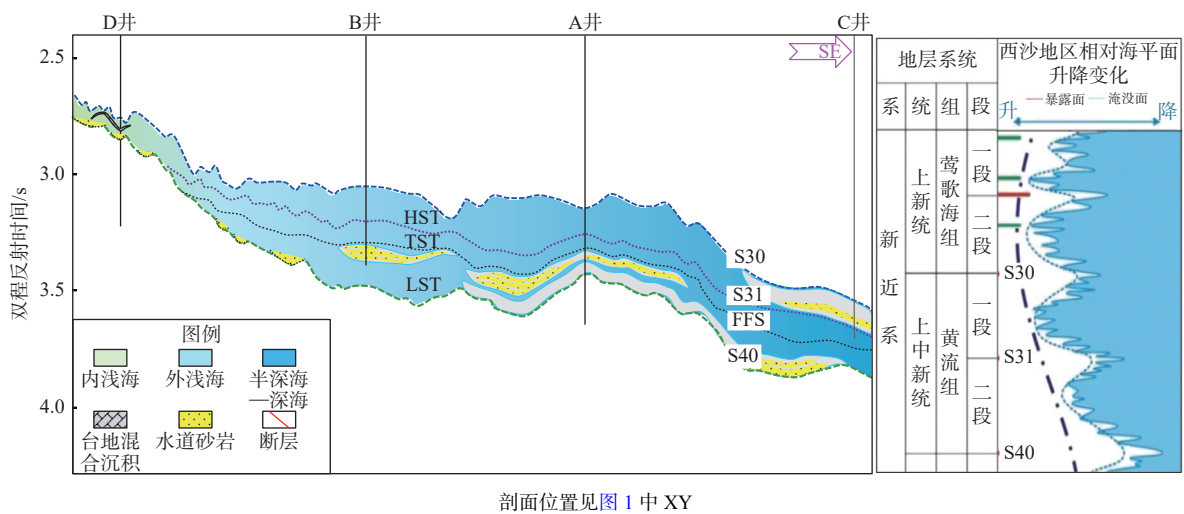
(1) 区域海平面变化

新近纪以来,琼东南盆地海平面总体上表现为上升特征,在晚中新世(10.5 Ma)梅山组沉积末期存在一次较大的海平面下降,且下降持续时间较长(图7)。除此之外,大洋钻探 ODP184 航次 1148 站位沉积物同位素反映了上新世期间海平面的多次下降,幅度相对较小,持续时间较短,主要下降时期有 10.5 Ma 和 8.2 Ma,分别对应层序界面 S40、S31 上发育的水道,说明水道下切与区域海平面下降存

在内在联系。区域海平面下降时,伴随的强制海退导致剥蚀区范围扩大,物源更加充足,同时诱发水道的发育及向前下切侵蚀。从中新世晚期开始,莺-琼盆地形成共同的沉积体,所以无论是陆源碎屑供应还是海平面变化都应作为整体考虑。从莺-琼盆地的相对海平面升降曲线看来,晚中新世莺-琼盆地经历了 3 次较大的海平面下降,其中, S40 时期海平面下降最剧烈,多口钻井定性与定量资料均显示 S40 附近多有古生物缺失带,是黄流组轴向重力流水道形成的主要时期。

(2) 构造活动

构造活动不仅影响着水道的形成发育,还控制着物源的供给。从晚中新世开始(S40),琼东南盆地经历了从慢速沉降向快速沉降的转变,地形特征较下伏地层发生了较大变化,沉降中心先自东向西



剖面位置见图 1 中 XY

图 7 琼东南西区黄流组水道沉积模式剖面

Fig.7 General sedimentary pattern of the channel deposits in the Huangliu Formation in the western Qiongdongnan Basin

迁移,再由西向东迁移,这些变化直接控制了轴向水道的平面分布。黄流组时期琼东南盆地北部发育明显的坡折带。一方面坡折有利于重力流的形成,另一方面琼东南盆地从中中新世开始建立陆架-陆坡体系^[18],晚中新世开始发育典型陆架-陆坡体系,南北坡折逐渐向中央推进,在盆地中央形成了限制性的负地形,盆地背景地貌已经呈现“西高东低”特点,为黄流组重力流水道的发育奠定了基础。

(3) 物源供应

莺-琼盆地周边水系极其发育,物源供应充足,特别是晚中新世,莺-琼盆地沉积速率明显加速,开始形成统一的沉积体。S40 时期,区域海平面发生了一次大幅下降,越南的东岸陆源碎屑开始影响琼东南盆地,特别是越南东岸秋滨河水系,在晚中新世越过中建凸起开始大规模向琼东南盆地西区提供物源,充足的西南近物源供应为盆地快速沉积提供条件,为各种重力流、滑塌体的发育提供物质基础(图 8)。盆地北部陆坡体系物源对水道沉积也有贡献,上面提及的滑塌泥主要源自盆地北部陆坡的物源。除此之外,区域性地质研究表明,琼东南盆地中央峡谷的物源除了上述 2 个主要物源外,还可能存在南部隆起区形成的局部短轴状小型物源,但是这些小规模沉积物源似乎不能作为形成如此大规模峡谷的主要物源。

3.2 琼东南盆地西区水道沉积模式

黄流组时期,两级坡折控制黄流组体系域分布。从时空演化上,水道期次均与海平面下降时期相对应,并且下切位置横向迁移,从地震剖面上分析,黄

流组水道沉积整体向东迁移,早期水道发育在低位域和海侵域,晚期水道发育在高位域,部分叠置在第 1 期水道之上。

在 10.5 Ma(S40)开始琼东南盆地进入了加速沉降阶段,沉降中心位于乐东凹陷西区,同时莺歌海盆地南部隆起与崖南低凸起的限制性地貌使得莺-琼盆地结合部成为水流向乐东凹陷加速流动的通道,形成了多期多支的黄流组早期水道群。早期水道群呈现小规模、高弯度、多期切割的辫状化水道特征,向北可以追溯到莺东斜坡岭头区,向南延伸至莺-琼盆地结合部,大角度拐弯进入琼东南盆地乐东凹陷,最终在乐东凹陷东区汇聚(图 8)。其间存在下切/沉积转换面,莺-琼盆地结合部以上区域以下切作用为主,水道内主要充填泥岩,到乐东凹陷以沉积作用为主,水道内富砂,A、B 井都已钻遇该期水道。在 8.2 Ma(S31)后,随着黄流组沉积,越南中键凸起周边被填平补齐,对莺-琼水体交换限制减弱。此时,琼东南盆地南北坡折向中央推进,并逐渐向“西高东低”的限制性负地貌演化,形成了黄流组晚期水道(中央峡谷),水道轴向穿过整个盆地中央向东一直延伸至西沙海槽。富砂水道发育在乐东凹陷东区—陵水凹陷,黄流组晚期表现为大规模、低弯度、限制性沉积特征,并经历了多期充填切割(图 7),C 井钻遇该期水道,证实储层为中孔、高渗,物性好。

4 结论

(1) 乐东凹陷黄流组时期发育水道沉积,以重

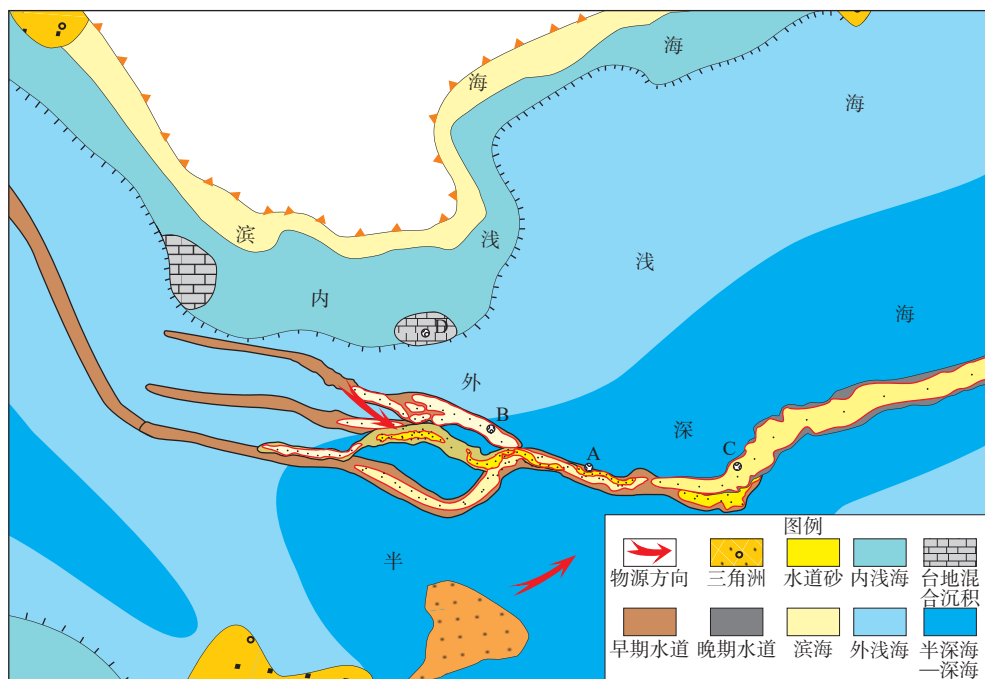


图 8 琼东南盆地西区黄流组沉积相平面图

Fig.8 Sedimentary facies of the Huangliu Formation in the western Qiongdongnan Basin

力流成因为主,同时受牵引流改造,岩性以粉、细砂岩为主,FMI图上可见块状构造、递变层理、包卷层理、负载构造、滑塌变形等重力流沉积构造及双向交错层理、低角度层理、平行层理、双泥岩纹层等牵引流沉积构造。

(2)黄流组水道的发育演化主要受海平面变化、构造活动和物源供给等因素控制。中中新世,莺-琼盆地形成统一的沉积体,南海北部南北两侧沉积坡折向中央推进,形成“西高东低”的限制性古地貌特征,为轴向重力流水道发育提供了地貌基础。

(3)在黄流组时期划分出 2 期水道,各期水道形成演化、主物源方向受古地貌影响,西段早期水道主要发育在莺-琼盆地结合部,东段晚期水道受古地貌影响限制在乐东-陵水凹陷中央峡谷内。

参考文献:

- [1] KOLLA V, POSAMENTIER H W, WOOD L J. Deep-water and fluvial sinuous channels: characteristics, similarities and dissimilarities, and modes of formation[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2007, 24: 388-405.
- [2] WYNN R B, CRONIN B T, PEAKALL J. Sinuous deep-water channels: genesis, geometry and architecture[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2007, 24: 341-387.
- [3] GUL M, CRONIN B T, GURBUZ K. Confined deep water system development on the accretionary wedge(Miocene, Kahramanmaraş Foreland Basins, S Turkey) [J]. *Earth-Science Reviews*, 2012, 114(3/4): 195-217.
- [4] CLARK J D, PICKERING K T. Architectural elements and growth patterns of submarine channels: application to hydrocarbon exploration[J]. *AAPG Bulletin*, 1996, 80(2): 194-221.
- [5] KOLLA V. A Review of sinuous channel avulsion patterns in some major deep-sea fans and factors controlling them[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2007, 24(6/9): 450-469.
- [6] WYNN R B, CRONIN B T, PEAKALL J. Sinuous deep-water channels: genesis, geometry and architecture[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2007, 24(6/9): 341-387.
- [7] MARTIN J, CANTELLI A, PAOLA C, et al. Quantitative modeling of the evolution and geometry of incised valleys[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2011, 81: 64-79.
- [8] 李丽, 杨志力, 杨涛涛, 等. 琼东南盆地南部深水区中新统水道沉积特征及演化[J]. *海相油气地质*, 2020, 25(4): 363-368.
- [9] 尹继全, 衣英杰. 地震沉积学在深水沉积储层预测中的应用[J]. *地球物理学进展*, 2013, 28(5): 262-2633.
- [10] 乔博, 张昌民, 李少华, 等. 白云凹陷水道几何形态研究[J]. *西南石油大学学报(自然科学版)*, 2015, 37(2): 65-72.
- [11] 李安琪, 胡林, 王真真, 等. 琼东南盆地乐东凹陷梅山组海底扇沉积演化及油气地质意义[J]. *油气地质与采收率*, 2021, 28(2): 76-84.
- [12] 刘军, 庞雄, 颜承志, 等. 南海北部陆坡白云深水区深水沉积结构要素[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2011, 41(4): 992-998.
- [13] 于水, 程涛, 陈莹. 尼日尔三角洲盆地深水沉积体系特征[J]. *地球科学*, 2012, 37(4): 763-770.
- [14] 谭建财, 范彩伟, 宋鹏, 等. 琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带特征及油气勘探意义[J]. *油气地质与采收率*, 2017, 24(3): 30-36, 43.
- [15] 胡杨, 张伟, 张景茹, 等. 南海北部大陆边缘琼东南盆地有利油气聚集带及勘探方向[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2015,

- 35(4): 73-86.
- [16] 赵海涛, 郭进京, 刘重庆. 琼东南盆地北部地区对倾叠覆型变换带形成演化及成因分析[J]. 油气地质与采收率, 2020, 147(6): 11-19.
- [17] 何云龙, 解习农, 李俊良, 等. 琼东南盆地陆坡体系发育特征及其控制因素[J]. 地质科技情报, 2010, 29(2): 118-122.
- [18] 田姗姗, 苏明, 何云龙, 等. 琼东南盆地新近系坡折带特征及其对沉积体系的控制[J]. 科技导报, 2010, 28(10): 73-78.

Sedimentation and controlling factor of gravity flow channels in the Huangliu Formation in the western of the Qiongdongnan Basin

LUO Quanyuan, JIAO Xiangyan, HE Xiaohu, WANG Lifeng, CHEN Yang

(Hainan Branch of CNOOC(China) Ltd., Haikou 570312, China)

Abstract: In recent years, the Miocene lithological traps in the Western of Qiongdongnan Basin have become hotspots for exploration in the South China Sea. Many medium- and large-scale gas fields have been discovered. The discovered gas fields are all closely related to submarine fans and gravity flow channels. To discover more oil and gas reservoirs and to increase the success rate of lithological trap exploration, it is necessary to strengthen the recognition of channels and study the controlling factors. Based on 3D seismic data, drilled cores, wall cores, logging data, Formation Microscanner Image (FMI) logging, and analytical tests, the seismic facies, litho-electric facies, and sedimentation of the channels of the Huangliu Formation in the west area of the Qiongdongnan Basin were analyzed. The structure, sedimentation characteristics, and their controlling factors have been comprehensively studied. The results show that the Huangliu Formation in the west area of the Qiongdongnan Basin developed two phases of watercourses, which mainly developed five types of sedimentary microfacies: main channels, overflow-natural dike, landslide mud, inter-channel and continental slope mud. The formation and evolution of the two-phase channels and the direction of the main provenance are mainly controlled by sea level changes, paleomorphology and tectonic activities. In the early Huangliu Formation, the channels are mainly developed in the Yingqiong junction, which are characterized by a large number, small scale, strong branching, and braided features; the late Huangliu Formation channels are restricted to the central canyon in the Ledong-Lingshui Sag. It is a characteristic of single-branch axial restricted channel and multi-stage development in the longitudinal direction.

Key words: Qiongdongn Basin; Huangliu Formation; channel; sedimentary characteristics; lithological trap; gravity flow; submarine fan