

文章编号:1000-0550(2016)02-0222-14

doi: 10.14027/j.cnki.cjxb.2016.02.002

珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系沉积—构造耦合关系

宋爽^{1,2} 朱筱敏^{1,2} 于福生^{1,2} 葛家旺² 史亚会²
贺敬聪² 袁立忠³ 刘军³

(1.中国石油大学(北京)油气与资源探测国家重点实验室 北京 102249;

2.中国石油大学(北京)地球科学学院 北京 102249; 3.中海石油(中国)深圳分公司 广州 510240)

摘要 长昌—鹤山凹陷为珠江口盆地珠四坳陷 NE—SW 走向的凹陷,是珠江口盆地继白云、荔湾深水区油气突破之后的又一个深水战略性勘探区块,目前无钻井,属于勘探新区,因此基础地质研究尤为重要。通过断层解释和地层厚度分析,认为文昌组和恩平组分别对应早期强裂陷阶段和晚期弱裂陷阶段,并识别多种不同级别和类型的构造变换带。以经典层序地层学理论为指导,通过对全区二维地震资料追踪闭合,将长昌—鹤山凹陷文昌组—恩平组划分为2个二级层序和7个三级层序。在三级层序格架内,根据地震相特征结合经典的地震相—沉积相转换关系,重建了研究区沉积充填演化过程。通过平面断层组合分析认为,研究区发育两个级别(I级和II级)、六种类型(同向未叠覆型、同向叠覆型、同向平行型、同向共线型、对向叠覆型和背向叠覆型)构造变换带。断陷活动的强弱控制着层序和沉积体系的发育,构造变换带、坡折带类型控制着砂体的分布与规模。针对研究区是深水勘探新区,可通过该思路从构造与沉积耦合度高的区域进行有利区带的预测,为低勘探程度深水研究区的油气勘探提供了科学依据。

关键词 层序地层格架 沉积体系 构造变换带 长昌—鹤山凹陷 珠江口盆地

第一作者简介 宋爽女 1990年出生 硕士研究生 层序地层学及岩相古地理 E-mail: 1023songshuang@163.com

通讯作者 朱筱敏男 教授 E-mail: xmzhu@cup.edu.cn

中图分类号 P512.2 P542 **文献标识码** A

0 引言

在油气勘探中,构造与沉积的耦合关系是当今研究的热点之一^[1-4]。在盆地形成和演化过程中,都强调构造和古地貌对沉积的控制作用,特别是在断陷湖盆分析中,通过对构造活动的强度、期次以及古地貌恢复等研究,可以揭示物源、汇聚通道、沉积中心的三维空间耦合关系,对于预测储集砂体类型和富砂沉积体系的分布具有重要的作用^[5]。在过去的研究中,沟扇对应关系构造变换带及坡折带控砂理论在中国陆相断陷湖盆中得到了迅速发展,在预测隐蔽油气藏起到积极作用^[6-8]。

深水油气勘探是目前全球油气勘探开发的热点之一,具有十分广阔的前景。随着我国南海北部深水油气勘探战略的整体实施,珠江口盆地白云凹陷深水勘探区的重大突破和2006年荔湾3-1大气田的发现,使珠江口盆地油气勘探部署与研究逐渐从陆架浅

水区向陆坡深水区迈进^[9-11]。长昌—鹤山凹陷位于南海北部陆架边缘下陆坡,地壳强烈减薄的洋陆过渡壳之上。大部分地区水深超过1500m,自北向南海水深度逐渐增加,最深达3000m,属于超深水区,是南海北部向超深水迈进的油气勘探新区^[12]。

受制于深水油气勘探成本高、风险大等因素,深水—超深水盆地的勘探程度极低,地震测线稀疏和钻井缺少限制了对超深水盆地准确、全面的认识,严重制约了其油气勘探^[13-14]。目前长昌—鹤山凹陷石油地质研究仍处于钻前的地质研究初级阶段,前人通过类比和参考相邻的白云凹陷地层埋深和钻井资料,认为在始新世—早渐新世盆地演化断陷期,盆地基底沉降速率大且沉积欠补偿,广泛发育深湖烃源岩并普遍进入生烃门限,生烃潜力较大,具有形成大中型油气田的石油地质条件^[15]。

笔者主要通过最新采集的二维地震剖面,分析了南海北部珠江口盆地深水区长昌—鹤山凹陷结构形

收稿日期:2015-04-21; 收修改稿日期:2015-06-12

基金项目:国家油气重大专项课题(2011ZX05025-005,2011ZX05001-002);国家自然科学基金项目(41272133) [Foundation: National Major Projects of Oil and Gas, No.2011ZX05025-005, 2011ZX05001-002; National Natural Science Foundation of China, No.41272133]

式和充填序列样式,在研究区搭建三级层序地层格架,借鉴近十年来国内学者对中国东部断陷湖盆地震相及沉积相类型研究成果,对研究区地震相进行精细刻画,依据经验转化为沉积相,进而分析其沉积充填特征。深入探讨了研究区构造变换带及构造坡折带对大型砂体发育的控制作用,最终分析区域构造与沉积体系的耦合关系,为南海超深水油气勘探与新区研究提供地质依据。

1 区域地质概况

珠江口盆地位于南海北部,属于大陆地壳的陆缘张裂型盆地,是新生代大陆边缘伸展盆地,总面积约 $1.7 \times 10^5 \text{ km}^2$ (图 1A)。自北向南依次划分为北部隆起带、北部拗陷带、中央隆起带、中部拗陷带、南部隆起带以及南部拗陷带等 6 个次级构造单元^[13,16]。

长昌—鹤山凹陷位于珠江口盆地南部拗陷带的西南部,盆地平均水深在 2 000 多米,是两个相互连通的呈 NE—SW 走向深水—超深水盆地,是富有油气勘探前景的盆地。研究区面积约 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,北侧为顺鹤隆起,东北与白云凹陷相邻,西南侧为西沙隆起,东南与双峰盆地相接(图 1)。研究区属于勘探新区,研究程度低,全区仅覆盖二维地震测线,测线总长度约 5 500 km,地震测网密度 $3 \times 3 \text{ km} \sim 3 \times 6 \text{ km}$,无钻井资料。

珠江口盆地自新生代形成以来至少发生了 5 次大型构造运动,即神狐运动、珠琼运动 I 幕、珠琼运动 II 幕、南海运动、东沙运动,由断陷湖盆沉积逐渐过渡到现今的被动大陆边缘盆地海相沉积。新生界自下而上地层序列为神狐组、文昌组、恩平组、珠海组、珠

江组、韩江组、粤海组和万山组。湖盆断陷期沉积和充填的文昌组和恩平组两套地层是本文讨论的目的层段,文昌组沉积厚度 1 000~4 000 m,全区均有分布,形成于早期裂谷阶段;恩平组沉积厚度 500~1 500 m,形成于晚期裂谷阶段(图 2)。

2 层序地层格架

2.1 层序界面的识别

研究不同时期发育的沉积体系及其空间配置关系的基础是要建立层序地层格架。层序地层格架建立的关键是层序界面的识别。基于 Vail 经典层序地层学理论和工区近 100 条二维地震剖面,识别出各级层序级别界面并进行全工区闭合解释。

本次识别层序界面的依据有四个方面:①识别典型的地震反射轴终止关系,例如削截、上超、下超和顶超等,并通过与北东相邻的白云凹陷类比地震反射特征,确定不同级别的层序界面。②地震波组合特征之间的差异也能够印证层序界面的差异,自下而上地震波组振幅特征经历了强—较强—较弱—弱的过程,分别揭示了层序地层的沉积环境和构造期次的差异;③构造期次及幕式活动对层序划分提供佐证。研究区处于初始勘探阶段,暂无钻井,构造演化特征的分析提高了层序划分的可靠性。④值得指出的是,文昌组强裂陷时期具有幕式伸展的特征,断裂活动和岩浆活动频繁,往往伴随火山喷发或者侵入至沉积岩中,由于湖相地层中火山岩侵入、火山碎屑岩沉积以及火山灰的飘落,在地震剖面上往往表现为强振幅、低频、弱连续的特征^[17-18],依此可以作为确定层序划分的标志(图 3,4)。

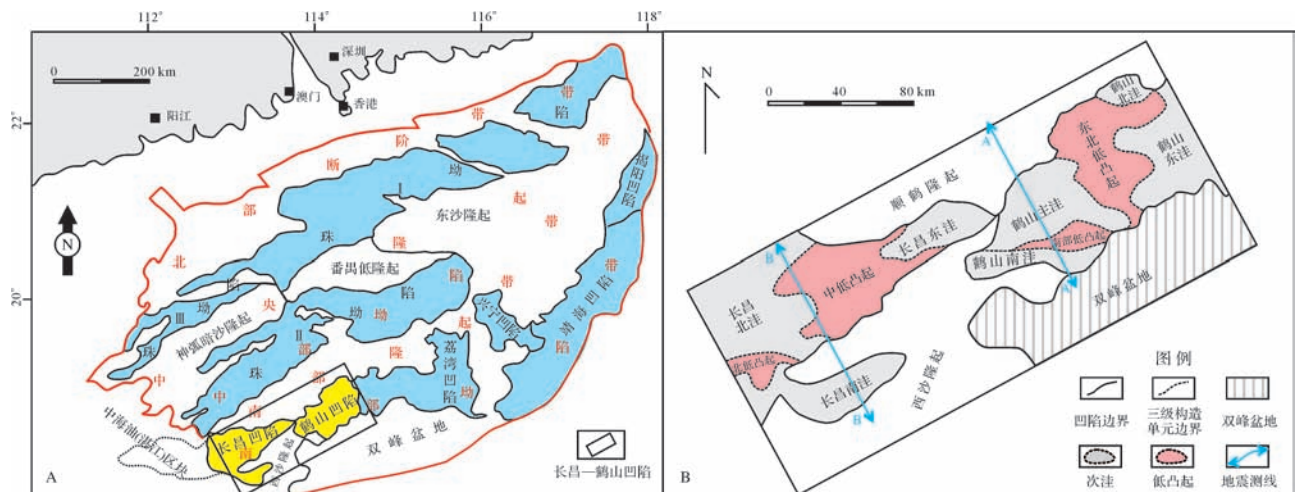


图 1 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷构造位置(A)及构造单元划分(B)

Fig.1 Location of the study area and tectonic subunits

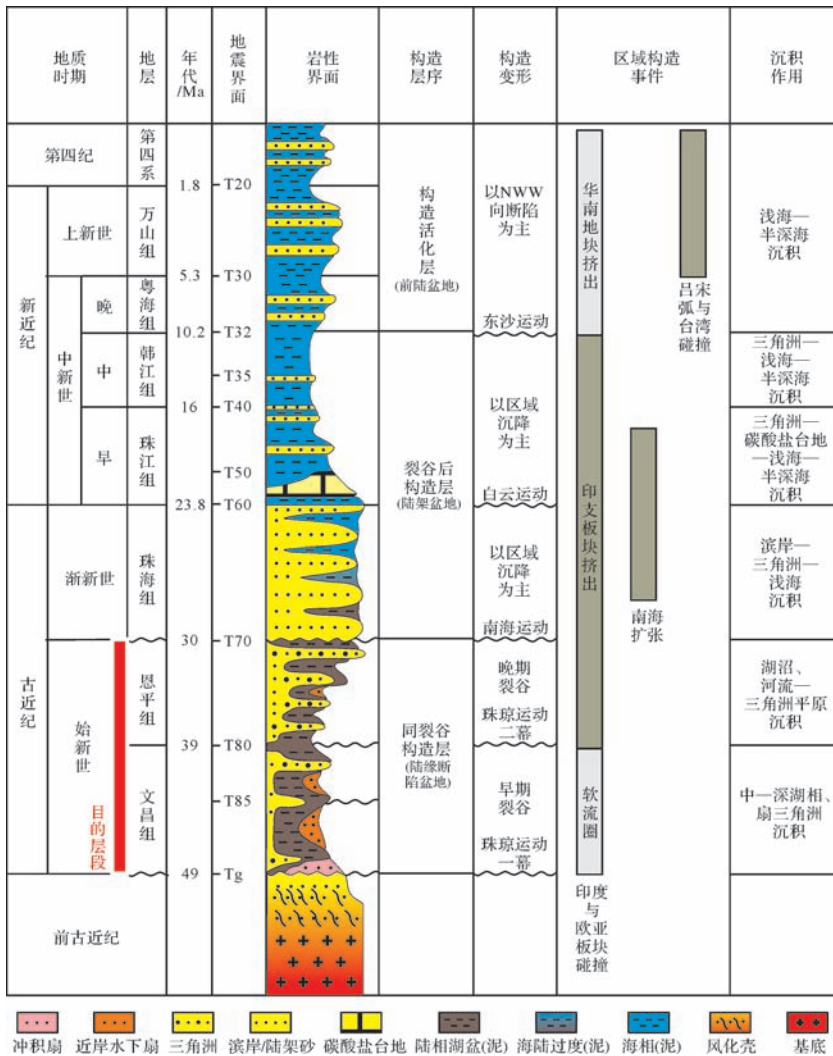


图2 珠江口盆地新生界地层综合柱状图(据施和生等,2014)

Fig.2 The comprehensive Cenozoic column of Pearl River Mouth Basin (after Shi, *et al.*, 2014)

Tg 界面为珠琼运动 I 幕产生的区域不整合面,界面之下表现为火山岩为杂乱反射或空白反射,界面上为振幅、杂乱反射,上超接触关系常见。T80 界面为珠琼运动 II 幕产物,分隔文昌组与恩平组,为一全区追踪的不整合面,界面下见明显的削截,界面上见明显的上超和下超。T70 界面为南海运动产物,是恩平组与珠海组分界面,在全区广泛分布在地震剖面上表现为对下伏地层的强烈削截,使上下地层呈明显的角度不整合,界面之上珠海组的振幅强于界面之下地层,连续性明显变好,海相三角洲前积非常发育^[12]。T83 界面、T82 界面、T81 界面为文昌组内部界面,分布于文昌凹陷和鹤山凹陷的几个次注中,部分地区可识别出上超、下超、削截等反射关系。T72 界面、T71 界面为恩平组内部界面,仅在凹陷边缘可

识别出削截接触关系,凹陷内部多与平行不整合接触(图5)。总体上,文昌组沉积时期断陷活动强烈,T80 界面以下地层地震反射相对杂乱,恩平组沉积时期湖盆断陷活动减弱,T80 界面以上湖盆面积广,地层相对薄而广泛,地震反射连续性相对好。

根据以上地震反射轴终止关系、构造期次、含火山岩地震反射特征等综合考虑,共计识别出八个层序界面,自下而上为 Tg、T83、T82、T81、T80、T72、T71、T70。其中 Tg、T80 和 T70 为盆地规模的二级角度不整合面,T83、T82、T81、T72 和 T71 为三级局部不整合面。

2.2 层序地层格架

通过研究区的构造和层序的解释,识别出上超、下超、削截等各种地震反射接触关系,并进行了层序

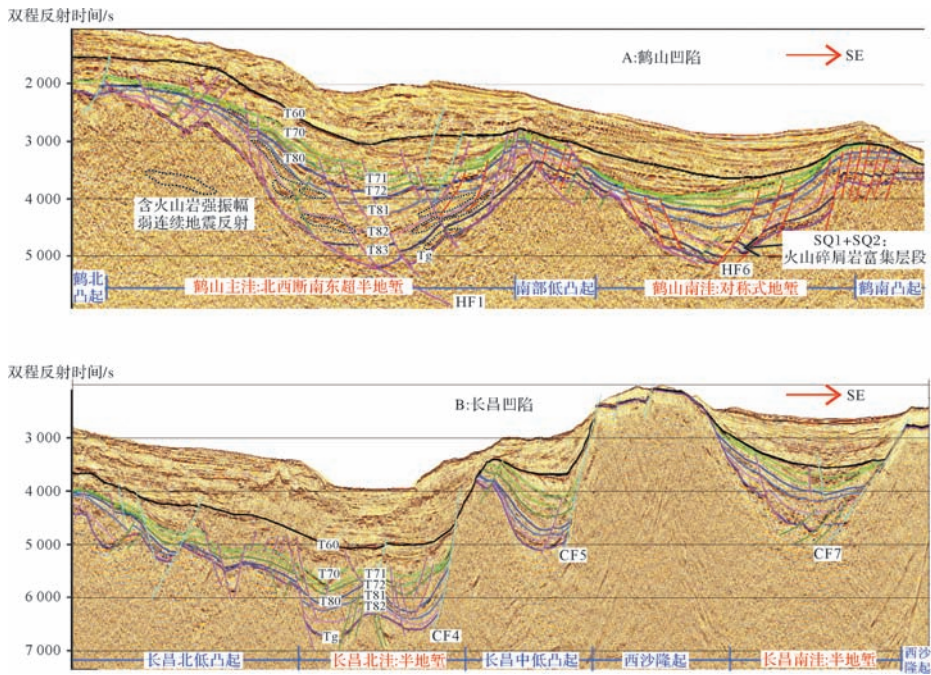


图 3 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷典型地震剖面及层序界面接触关系
(A. 鹤山凹陷; B. 长昌凹陷; 测线位置见图 1)

Fig.3 Seismic profiles illustrating the distribution of sequences and rifting stages
(A. Heshan depression; B. Changchang depression; location of profiles in Fig.1)

地层系统				基准面旋回		构造演化	层序界面	层序界面接触关系	火山岩分布面积 小 ↔ 大	湖面变化 升 ↔ 降		
界	系	统	组	层序	二级						三级	
新 生 界	古 近 系	始 新 统	恩平组	SQ7	南海运动	晚期裂谷	T70	下超 削截	零星分布于凹陷边缘	广泛分布于凹陷内部和边缘中		
				SQ6			T71	平行不整合 断陷发育期				
				SQ5			T72	平行不整合 初始断陷期				
				SQ4			T80	下超 削截				
				SQ3			T81	下超 削截				
			文昌组	珠江二幕	早期裂谷	SQ2	T82	下超 削截			强烈断陷期	下超 削截
						SQ1	T83	上超 削截			快速断陷期	下超 削截
						Tg	初始断陷期	上超 削截			下超 削截	
							上超 削截					
							下超 削截					
	珠江一幕											

图 4 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系层序地层格架

Fig.4 Sequence stratigraphic framework of the Paleogene Wenchang and Enping Formation in the Changchang and Heshan depression, Pearl River Mouth Basin

界面的分级和识别,建立了本区古近系文昌组和恩平组层序地层格架,将目的层段划分为7个三级层序(图4)。其中文昌组自下而上分为SQ1、SQ2、SQ3和SQ4四个三级层序,分别对应初始断陷期、快速断陷期、断陷强烈期、断陷萎缩期;恩平组自下而上分为SQ5、SQ6和SQ7三个三级层序,分别对应初始断陷期、断陷发育期、断陷萎缩期;文昌组最大厚度分布在东西两端,即鹤山主洼、长昌北洼及长昌南洼,鹤山主洼最大厚度近3 000 m(图5A);到恩平组时期,研究区沉降中心西移,长昌凹陷恩平组沉积地层厚,例如长昌北洼和长昌南洼的最大厚度约1 500 m(图5B)。

3 构造演化特征

根据构造演化、地层厚度展布、同沉积断层性质及组合、文昌组底T_g反射层的古地貌特征,本次研究对长昌—鹤山凹陷构造单元进行了划分。长昌凹陷可分为五个次级构造单元(三级构造单元),包括长昌北洼、长昌东洼、长昌南洼、长昌北低凸起和长昌中低凸起;鹤山凹陷分为六个次级构造单元:鹤山主洼、鹤山南洼、鹤山东洼、鹤山北洼、鹤山南部低凸起、鹤山东北低凸起(图1B)。

HF1和HF2及CF4、CF7(断层编号参见图5)等控洼主断裂活动性统计表明,断层在文昌期平均活动强度为800~1 500 m,恩平期平均为100~250 m,表明受控于早晚两期裂陷,边界断裂具有早期强、晚期弱的差异性活动特征。文昌组沉积时期,断陷活动强,地层厚度大,最深处于鹤山主洼,沉积厚度达

4 000 m;恩平组沉积时期,断陷活动减弱,地层厚度薄,最深处于长昌南洼,沉积厚度仅2 000 m。

长昌—鹤山凹陷的构造演化是珠江口盆地区域构造演化的反映。始新世时期,珠江口盆地裂陷期的主伸展应力方向与凹陷走向以一定角度斜交,属于张扭性断陷盆地^[19]。地质年代在39 Ma时印支板块被挤出^[20],盆地的主伸展应力方向由文昌组时期的NW—SE演化为恩平组时期NNW—SSE,并对于长昌凹陷和鹤山凹陷盆地的演化有不同的控制。应力方向转变是断陷活动强度由强变弱的最根本原因。

长昌凹陷是南断北超的半地堑,主要受南部NEE向北倾控盆断裂带控制;鹤山凹陷是北断南超的半地堑,主要受北部NE向南倾断裂带控制。文昌组沉积时期,研究区主伸展应力方向为NW—SE向,与鹤山凹陷控盆断裂走向近垂直。当应力伸展方向与断层走向垂直时,断裂伸展量最大,导致地层沉积厚度相对较大^[21]。长昌凹陷控盆断裂带走向与主伸展应力方向呈一定角度斜交,断裂伸展量相对小。因此,在文昌组时期,鹤山凹陷的地层沉积厚度比长昌凹陷厚(鹤山凹陷沉积最厚处4 000 m,长昌凹陷沉积最厚处3 000 m)(图5A);恩平组时期,断陷活动减弱,研究区主伸展应力方向演化为NNW—SSE,与鹤山凹陷边界断裂带的走向交角逐渐减小,与长昌凹陷边界断裂带走向近垂直,因此,长昌凹陷的断层伸展量相对较大,其恩平组沉积厚度比鹤山凹陷厚(鹤山凹陷沉积最厚处800 m,长昌凹陷沉积最厚处1 500 m)(图5B)。

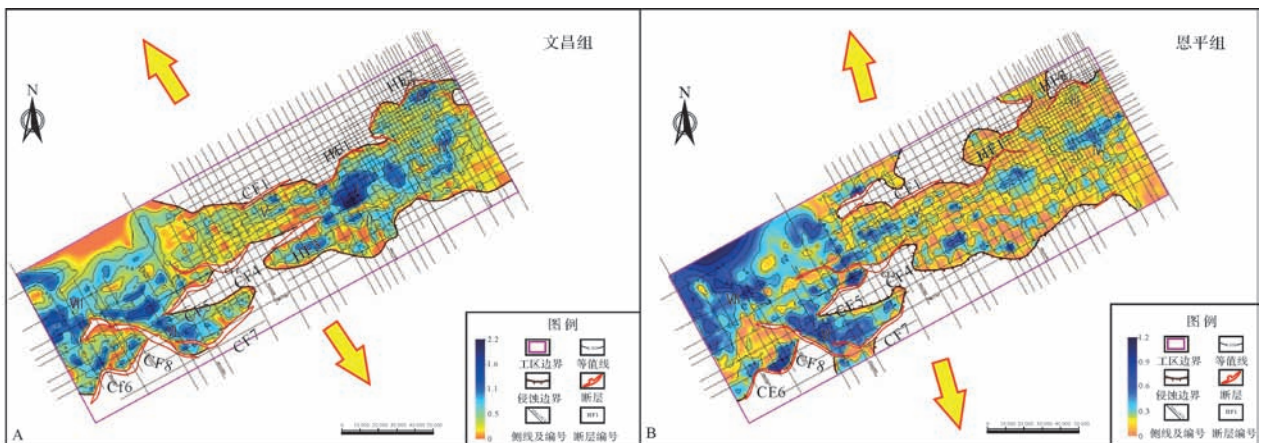


图5 古近系时期研究区地层厚度平面展布及应力场示意图(A.文昌组;B.恩平组)

A.文昌组沉积时期,主应力场方向为NW—SE;B.恩平组沉积时期,主应力场方向为NNW—SSE
(说明: I.鹤山主洼; II.鹤山南洼; III.鹤山北洼; IV.鹤山东洼; V.长昌东洼; VI.长昌南洼; VII.长昌北洼)

Fig.5 Paleogene strata thickness distribution and stress field in the study area

(A.Wenchang Formation;B.Enping Formation)

4 构造变换带分级、类型与分布

构造变换带 (Transfer Zone) 的概念是由 Dahlstrom (1970) 在研究挤压变形中褶皱—逆冲断层的几何形态时提出的。变换带是指调节应变和使断层位移守恒 (或有规律变化) 的构造带, 是为保持区域伸展应变守恒而产生的伸展变形构造变换体系^[22-23], 国内外许多学者对这类构造变换体系的构造样式、分类等进行了研究, 其中以 Morley 的变换带划分方案最为普遍^[24-27]。Morley 的分类方案是按照断层的倾向 (同向、对向和背向) 和相互间的叠覆程度 (趋近、叠覆和平行), 再加上较为特殊的背向共线型, 将变换构造划分为 10 类 (图 6)。

本文基本采用 Morley 的划分方案, 并结合研究区实际构造单元划分, 将构造变换带分为六种类型, 再根据构造变换带的断层级别和规模以及对沉积的控制强度, 将研究区的变换构造分为 I 级和 II 级构造变换带。I 级变换带调节三级构造单元以及组合之间的转换, 其地形变化最大, 属于主边界断裂之间的应力变换; II 级变换带位于三级构造单元内部, 在次

级断裂间发育, 调节洼陷中的应力变化。研究发现, 长昌—鹤山凹陷广泛发育不同类型的变换带, 不同时期其类型和分布都具有一定的差异性和继承性, 文昌组时期主要以 I 级构造变换带为主, 发育在长昌北洼、长昌东洼、鹤山主洼、鹤山北洼控盆断裂间, 恩平组时期构造变换带数量减少, 类型变化不大, 仍以发育在控盆断裂间的 I 级构造变换带为主, 详细分析如下:

4.1 文昌组时期构造变换带类型与分布

通过构造解释和断层组合发现, 文昌组时期研究区主要发育 3 组断裂体系, 即鹤山凹陷 NE 向断裂系 (南倾)、NEE 断裂系 (北倾) 和 NEE 断裂系 (南倾) (图 7A)。

文昌组沉积时期, 凹陷进入强烈的拉张裂陷阶段, 断裂伸展作用强, 洼陷单元分割性强, 该时期发育两组不同倾向的 NE 和 NEE 向断裂组合, NE 向南倾断裂控制鹤山凹陷结构, 长昌凹陷控洼断层沿 NEE 走向, 断层倾向朝北, 并伴随生成许多次级断裂, 构造样式复杂。文昌组同时期构造变换带发育以 I 级变换带为主, 发育 7 个 I 级变换带和 1 个 II 级变换带,

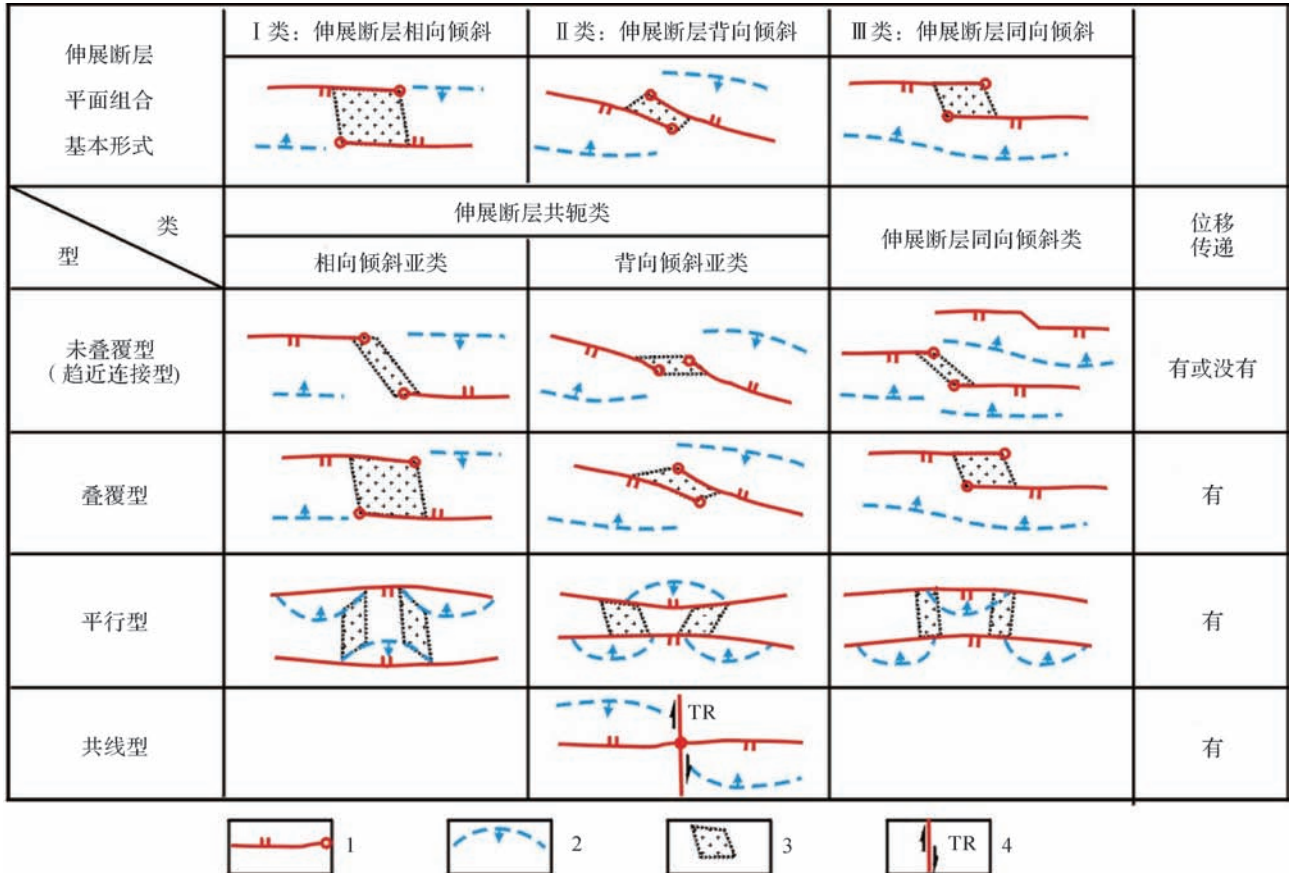


图 6 Morley 对构造变换带的划分方案
Fig.6 Transfer zone classification by Morley

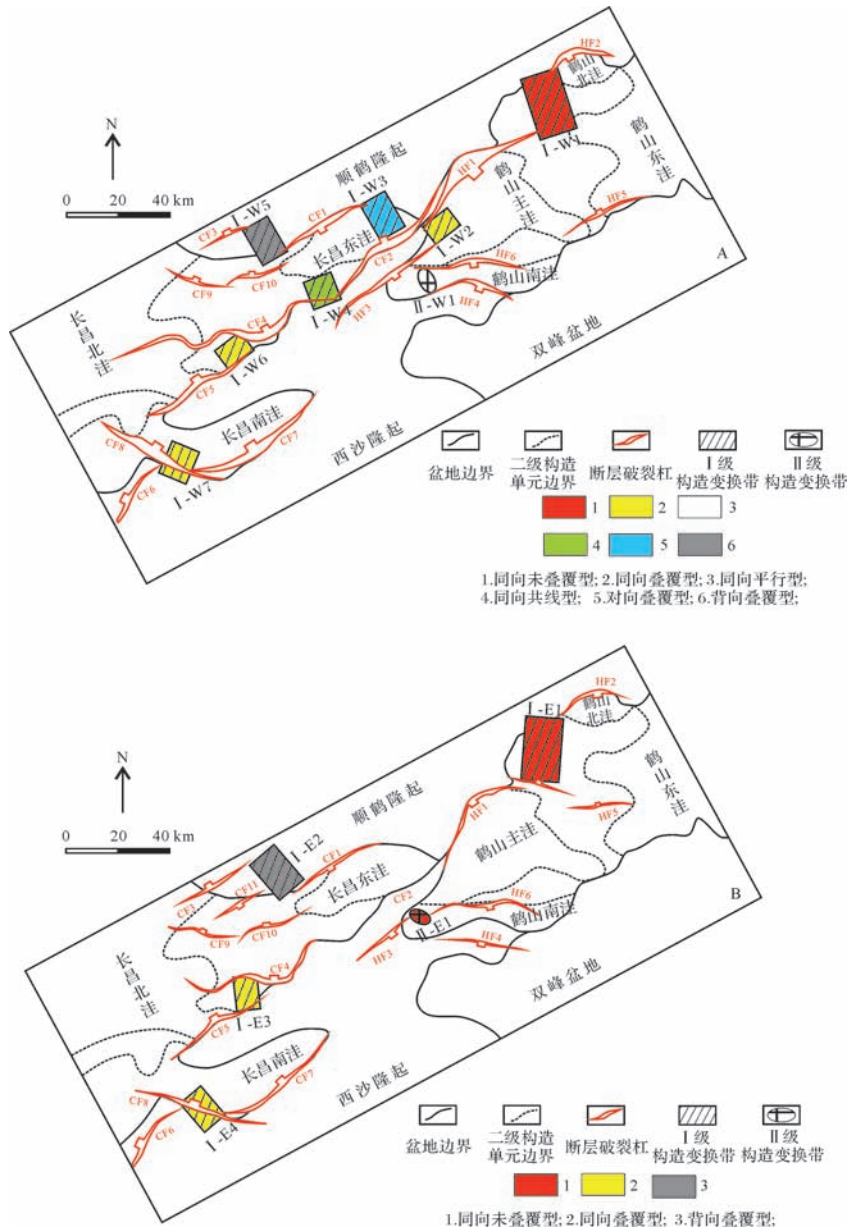


图7 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系构造变换带分布(A.文昌组时期;B.恩平组时期)

Fig.7 Distribution of transfer zones during Wenchang and Enping Formation in the study area
(A.Wenchang Formation; B.Enping Formation)

I级构造变换带主要类型有同向未叠覆型(I-W1)、同向叠覆型(I-W2、I-W6和I-W7)、同向共线型(I-W4)和对向叠覆型(I-W3)和背向叠覆型(I-W5), II级变换带为同向平行型(II-W1), 平面分布如图7A所示。

4.2 恩平组时期构造变换带类型与分布

晚期裂陷阶段, 断裂伸展作用减弱, 构造单元区分性不明显, 部分断裂不再活动。构造活动的减弱, 导致变换带的规模明显变小。该时期仍然发育两种

级别的构造变换带, I级变换带在展布位置变化不大, 在数量上大量减少。I级变换带I-E1、I-E2、I-E3和I-E4继承性发育, II级变换带为同向未叠覆型(II-E1), 平面分布如图7B所示。

5 沉积体系类型及分布

5.1 地震相特征及分布

因本区无钻井资料, 故必须充分利用地震资料, 开展地震相研究。笔者利用可信度较高的地震反射

外部形态和内部结构来描述地震相。研究表明,本地区可识别出平行席状反射地震相、平行波状或乱岗状反射地震相、楔形杂乱反射地震相、杂乱前积反射地震相、S型—斜交前积反射地震相和丘状杂乱反射地震相6种地震相类型。地震相类型与盆缘背景、沉积物供给、基底沉降等因素紧密相关,不同类型的地震相往往对应于特定的沉积相带,且地震相常具有特定的分布规律^[28-29]。通过借鉴我国东部典型断陷盆地大量的地震相研究成果,并参考临区白云凹陷地震相类型^[30-32],制作地震相与沉积相的转换模板,综合研究地震相的反射结构样式、分布及对应沉积相类型分析(图8)。

(1) 平行席状反射地震相:强振幅高连续,平行席状外形,是泥岩发育的深湖—半深湖的典型特征(图8A)。该地震相类型是中—深湖相烃源岩地震反射特征,是烃源岩存在的良好证据之一^[33],主要分布在研究区凹陷中心,在SQ4和SQ6中分布面积最广,3 000~5 000 km²,沉积最厚处达1 000 m。

(2) 平行波状或乱岗状反射地震相:中—弱振幅,中连续,各同向轴之间在总体趋势上是相互平行

的,有一定程度的波状起伏(图8B),说明岩性在横向上有一定变化,在不稳定环境下岩层厚度具有不稳定性,常对应滨浅湖沉积。总体上,从湖盆中心向边缘,地震反射连续性由高变低,在SQ7中分布面积最广,近8 000 km²,厚度500~800 m。

(3) 楔形杂乱反射地震相:主要分布在控盆边界断裂的下降盘根部,文昌组早期断裂活动性较强,形成该类地震相规模较大,主要分布在鹤山主洼和长昌南洼控盆边界断裂下降盘,延伸距离5~10 km。总体呈近端厚远端减薄的楔状外形,内部杂乱(图8C),反应断裂活动导致可容空间增加超过了沉积物堆积速率,沉积物迅速卸载,对应水下扇、冲积扇沉积。

(4) 杂乱前积反射地震相:主要分布在盆缘边界断裂下降盘根部,发育于水体不断加深的文昌组中晚期。根部杂乱,远端减薄且前积反射结构相对清晰,前积角度变缓,反应断裂活动较强形成较大的可容空间(图8D),对应扇三角洲沉积。

(5) S型—斜交前积反射地震相:主要发育于恩平组沉积时期断裂活动较弱的缓坡坡折背景下。当可容空间增长速率大于沉积物供应速率,顶积层、前

地震相类型	典型地震反射特征	地震反射结构和集合形态	分布层位及位置	沉积相类型
A:平行席状地震相			主要在SQ3-SQ7内,分布在湖盆中心,沿湖盆扩张方向延伸,在SQ3和SQ4层序内分布面积最大	深湖—半深湖、辫状河三角洲前缘及扇三角洲前缘
B:亚平行波状或乱岗状地震相			在各层序内均有分布,在每套裂陷内,随湖盆逐渐扩张,该地震相分布面积逐渐扩大	滨浅湖、辫状河三角洲平原/前缘、扇三角洲前缘
C:楔形杂乱地震相			主要在SQ1-SQ4,其中在SQ1、SQ2内较发育,沿主边界断层分布在长昌南洼、鹤山主洼、鹤山北洼	近岸水下扇、冲积扇
D:杂乱前积地震相			在各层序内均有分布,其中在SQ2-SQ4内较发育,沿主边界断层分布在长昌南洼、长昌东洼、鹤山主洼、鹤山东洼	扇三角洲
E:S型—斜交前积地震相			主要在SQ5-SQ7,在SQ7内最发育,主要分布在长昌东洼、鹤山主洼、鹤山南洼、鹤山东洼	辫状河三角洲
F:丘状杂乱地震相			在各层序内均有分布,主要在各个深洼中央,分布规模很小	滑塌浊积扇

图8 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷文昌组和恩平组主要地震相类型及与沉积相对应关系

Fig.8 The main seismic facies and corresponding relation to sedimentary facies of Paleogene in the study area

积层(S型)、底积层保存相对完整,一般解释为低能三角洲沉积环境;当沉积物供应速率较高,而海平面没有明显的升降,前积层以较高角度下超于底界,为斜交型前积(图8E),对应河控三角洲沉积。

(6) 丘状杂乱反射地震相:主要分布在坡折带下部至平坦湖底部位,在文昌—恩平组沉积时期均有发育。同向轴在局部突然增厚,两遍同向轴超覆于其上,丘状外形的内部同向轴相对杂乱(图8F),是湖底扇识别的良好标志。

5.2 沉积体系演化规律

文昌组沉积时期,断层总体活动性较强,发育以扇三角洲为主的大型砂体。SQ1和SQ2分别为初始断陷期和快速断陷期,长昌南洼沿边界断层发育一系列近岸水下扇,鹤山主洼—鹤山南洼沿两条控洼断裂近EW向发育扇三角洲,研究区整体以滨浅湖沉积为主;SQ3为强烈断陷期,湖盆快速下沉,湖平面迅速上升,深湖—半深湖相在几个次洼中均有发育,长昌南洼近岸水下扇和鹤山主洼—鹤山南洼扇三角洲继承性发育,长昌东洼沿控洼断裂NEE—SWW向发育扇三角洲,鹤山东洼沿顺鹤隆起的凹槽带自NNW向SSE发育扇三角洲;SQ4为断陷萎缩期,深湖—半深

湖相大面积发育,代表水体在该时期最深,长昌南洼由近岸水下扇转为扇三角洲,SQ3的大型砂体在SQ4中均有发育,水体的加深使湖盆可容空间增大,但砂体的规模较SQ3并未变化,推测物源供给量变化不大(图9A~D)。

恩平组沉积时期,断陷活动整体相对文昌组减弱,地势相对平缓,全区主要发育辫状河三角洲。SQ5为初始断陷期,长昌凹陷控洼断陷继续活动,使长昌洼陷地层厚度明显厚于鹤山凹陷,且沿控洼断陷发育扇三角洲,长昌东洼发育NEE—SWW向辫状河三角洲,鹤山东洼沿顺鹤隆起的凹槽带自NNW向SSE发育扇辫状河三角洲。SQ6为断陷发育期,深湖—半深湖相范围大面积发育,砂体发育与SQ5具有继承性;SQ7湖盆面积扩张,但深湖—半深湖急剧萎缩,且沿北面顺鹤隆起发育一系列辫状河三角洲(图9E~G)。

6 构造—沉积耦合关系

6.1 不同构造变换带的沉积响应

构造变换带往往是物源和水系的优势入口,在变换带地区往往形成大套的粗粒三角洲,由于地势较

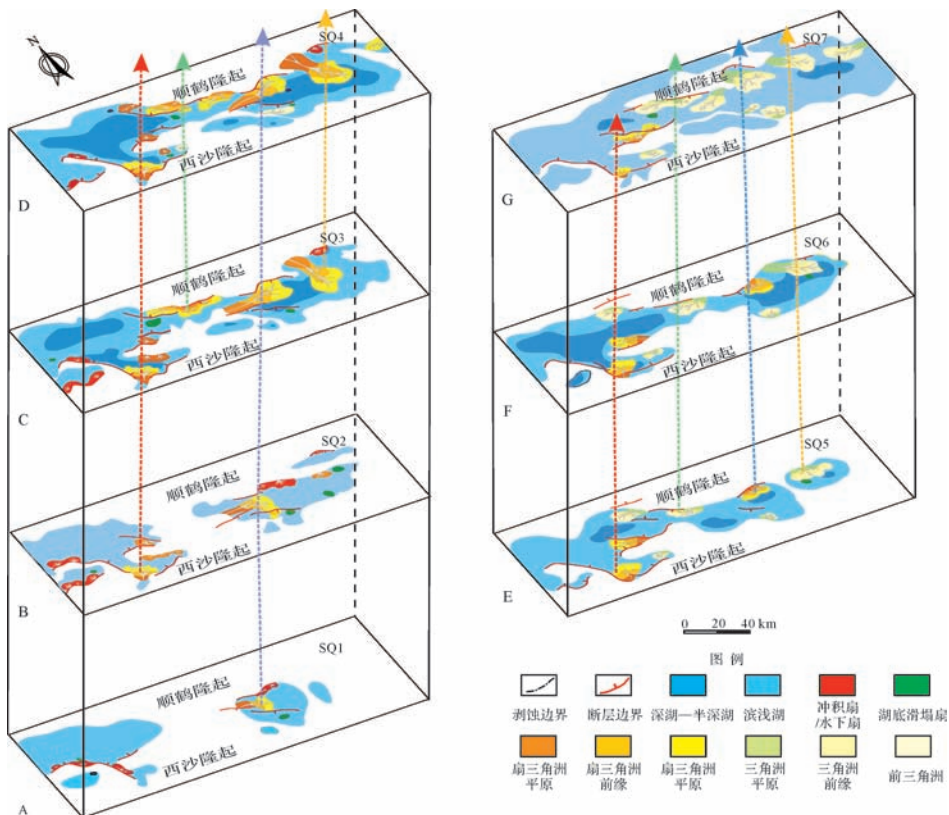


图9 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系文昌组和恩平组沉积体系演化规律

Fig.9 Sedimentary facies evolution from SQ1 to SQ7 during Wenchang and Enping Formation deposition of the study area

高、临近生烃洼陷、地下水和裂缝较为发育,变换带地区是断陷湖盆重要的油气勘探地区,很多断陷湖盆通过构造变换带研究发现了大量的油气资源^[24-27]。构造变换带成因的类型、发育位置、地形特征以及变换带与半地堑或次洼的组合关系对于物源体系形成与分布研究有重要耦合性^[34-36]。

裂谷时期变换带的发育演化是一个动态的过程,变换带的级别和类型与各裂陷时期断层活动的强弱具有很大的相关性,而不同裂陷阶段的变换带对应不同的沉积相类型(表1)。文昌组同沉积期,以主干断裂活动强、断距大为特征,洼陷分割性强,I级变换带数量大,控制着地势转换,以洼陷之间应力变换为主。变换带作为水系和物源入口,控制着该时期主要扇三角洲沉积砂体的展布。如I-W1变换带由HF1和HF2构成,HF1平面断距最大达15 km, HF2平面断距最大达5 km,其控制扇三角洲展布面积在SQ6、SQ7内达500 km²,砂体厚度达1 500 m。

恩平组同沉积时期,盆地进入晚期裂陷阶段,断

陷活动减弱,边界断层断距减小,部分断层活动停止,水体变浅湖域面积扩大,次洼互相连通。相比于文昌组时期,变换带具有一定的继承性,但发育数量减少。该时期地势起伏没有文昌时期大,变换带主要控制辫状河三角洲的发育和展布,物源推进距离增大,砂体规模变大,厚度变小。如I-E1变换带由HF1和HF2构成, HF1平面断距最大约1 km, HF2平面断距最大约2 km,其控制辫状河三角洲展布面积在SQ3、SQ4内约300 km²,砂体厚度约600 m。

6.2 不同构造坡折带的沉积响应

文昌组时期,凹陷处于早期裂陷阶段,断层活动强,盆地边缘往往发育坡度较陡的陡崖型坡折和多级陡坡坡折,坡度一般大于45°。强断陷活动下,南北隆起带供源充分,在坡折带下盘多见杂乱、楔形杂乱地震反射地震相,规模不大,一般沿断裂走向呈裙边状分布,以扇三角洲、冲积扇等粗碎屑建造为主(图10A, B);早期断陷强度大,沉降和沉积速率快,沉积厚度大。

表1 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系构造变换带特征及控砂模式

Table 1 Types and characteristics of transfer zones and their controls of sedimentary facies in different periods

变换带分类	变换带名称	断层组成	平面组合特征	地震相类型	沉积相	立体空间模式
同向未叠覆型	I-W1	HF1, HF2		中—弱振幅低连续杂乱前积反射	扇三角洲	
	I-E1	HF1, HF2		中振幅中连续S型—斜交前积反射	辫状河三角洲	
	II-E1	HF3, HF6				
同向叠覆型	I-W2	HF1, HF3		中—弱振幅低连续杂乱前积反射	扇三角洲	
	I-W6	CF4, CF5				
	I-E3	CF4, CF5				
	I-E4	CF6, CF7				
	I-W7	CF6, CF7				
同向平行型	II-W1	HF4, HF6		中—弱振幅低连续杂乱前积反射	扇三角洲	
	I-W4	CF2, CF4		中振幅低连续楔形杂乱反射	近水岸下扇	
对向叠覆型	I-W3	CF1, CF2		中—弱振幅低连续杂乱前积反射	扇三角洲	
背向叠覆型	I-W5	CF1, CF3		中—弱振幅低连续杂乱前积反射	扇三角洲	
	I-E2	CF1, CF3		中振幅中连续S型—斜交前积反射	辫状河三角洲	

恩平组时期,晚期裂陷阶段断层活动减弱,沉降速率减慢。在盆地边缘常发育缓坡坡折或者多级缓坡坡折,坡度一般小于 30° 。与陡坡坡折不同,由于坡度平缓,由盆缘向盆中心可容空间缓慢增加,导致沉积物的卸载缓慢,易形成辫状河三角洲,在地震剖面上表现为S型—斜交或复合前积地震反射(图10C,D)。在物源供给充足的条件下,盆缘扇体分选较好,延伸规模较大,在三角洲前方有时见湖底扇。恩平组厚度较薄,水体变浅,滨浅湖及辫状河三角洲广泛发育。

以上分析表明,断陷活动强度对应不同类型的坡折带,从而控制着沉积体系的类型和展布,强断陷时期断层活动速率大,发育断崖型或者多级陡坡型坡折,盆地边缘广泛分布近源扇体,深湖相烃源岩较为发育,扇体前端由于断层活动往往会发生滑塌,滑塌扇与深湖相泥岩伴生,沉积相平面图参见图9A~D;弱断陷时期断层活动减弱,多见缓坡型坡折带,水体较变,河流体系占据主导,辫状河三角洲为主要的砂体类型,规模较大,分布广泛,该时期以滨浅湖相和辫状河三角洲沉积组合为特征(图9E~G)。

7 结论及讨论

通过本次研究,得出以下结论:

(1) 研究区古近系时期经历了两幕裂陷,其中,文昌组和恩平组分别对应早期裂陷阶段和晚期裂陷阶段,早期裂陷活动强,晚期裂陷活动弱。由于区域

构造应力场方向的变化,造成鹤山凹陷文昌组厚而长昌凹陷恩平组较厚的“跷跷板”地层分布特征。

(2) 建立了长昌—鹤山凹陷文昌组—恩平组层序地层格架,识别出3个二级层序界面(T_g 、 T_{80} 、 T_{70})及5个三级层序界面,共划分出了2个二级层序,7个三级层序。

(3) 在三级层序格架下,长昌—鹤山凹陷不同沉积时期沉积体系的空间展布和配置明显不同,文昌组SQ1、SQ2主要发育滨浅湖—冲积扇—水下扇体系等粗碎屑沉积组合,SQ3、SQ4深湖—半深湖沉积体系面积逐渐扩大,扇三角洲较为发育;恩平组SQ5、SQ6、SQ7地层明显薄于文昌组,主要发育滨浅湖—辫状河三角洲沉积体系。

(4) 文昌组时期,边界断层坡度较陡,研究区发育8个多级变换带,以I级构造变换带为主,控制扇三角洲物源入口;恩平组时期,变换带数量减少,断层坡度减缓,变换带地区往往发育辫状河三角洲,分布规模大。说明构造控制沉积作用具有多级次性,构造变换带的位置和级别决定了水流入口方向和携带物源的强弱能力,而坡折带类型控制着大型砂体的类型和展布面积。

长昌—鹤山凹陷等深水—超深水地区尚处于钻前勘探初期,研究工作仅建立在稀疏的二维测线上,研究方向主要针对大套沉积体的识别与分析。本区受控于构造变换带在恩平组沉积时期发育大型辫状河三角洲砂体,具有规模大、推进距离远等特征,推测

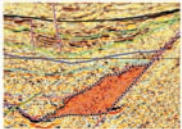



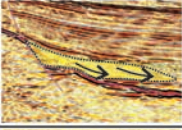
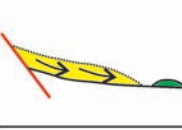
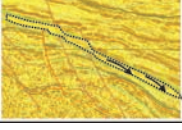
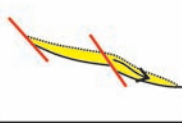
名称	地震剖面	剖面示意图	发育砂体类型	典型实例
A:断崖型			水下扇 — 冲击扇	鹤山主洼北部、长昌南洼控盆断裂下降盘文昌组近岸水下扇
B:多级陡坡			扇三角洲 — 湖底扇	鹤山主洼—南洼、鹤山东洼、长昌南洼、长昌东洼构造变换带文昌组扇三角洲
C:缓坡型			辫状河三角洲 — 湖底扇	鹤山东洼北部、长昌东洼恩平组辫状河三角洲
D:多级缓坡			辫状河三角洲	鹤山主洼控盆断裂下降盘恩平组辫状河三角洲

图10 珠江口盆地长昌—鹤山凹陷古近系不同构造坡折带与沉积发育模式图

Fig.10 Faulted slope-break zone styles and sand-body styles

具有较好的物性条件,加上这些砂体位于斜坡或者断层面上盘,容易与厚层文昌组烃源岩匹配形成地层圈闭、地层—岩性圈闭等,这些大型砂体发育区是下一步勘探的重点研究区带。

国外的部分深水—超深水盆地已进入勘探成熟阶段,但我国陆相湖盆构造演化相对独特,国内外可借鉴资料较少,技术水平还不成熟,尚属钻前地质研究工作阶段。伴随着白云凹陷和荔湾气田等深水勘探区的发现,以及陆丰 LF14 古近系深层勘探的突破,为南海珠江口盆地深水—超深水盆地的作为新的油气勘探领域初步指明方向。珠江口盆地深水区油气资源丰富,亟需加强勘探和研究,建议对重点地区采集三维地震测线,对构造变换带及构造坡折带进行更精细的刻画,进一步开展构造—沉积—圈闭一体化评价和研究,通过借鉴邻区多年来取得的研究成果,进而指导油气勘探部署。

致谢 感谢中海油(中国)深圳分公司广州研究院超深水项目组在项目研究过程中的给予的支持和帮助。

参考文献(References)

- 林畅松,刘景彦,胡博. 构造活动盆地沉积层序形成过程模拟——以断陷和前陆盆地为例[J]. 沉积学报, 2010, 28(5): 868-874. [Lin Changsong, Liu Jingyan, Hu Bo. Computer simulation on the formation of depositional sequences in tectonic active basin: Case study on rift and foreland basins[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(5): 868-874.]
- 冯有良,周海民,任建业,等. 渤海湾盆地东部古近系层序地层及其对构造活动的响应[J]. 中国科学:地球科学, 2010, 40(10): 1356-1376. [Feng Youliang, Zhou Haimin, Ren Jianye, et al. Paleogene sequence stratigraphy and its response to structural movement[J]. Science China; Earth Science, 2010, 40(10): 1356-1376.]
- 邓宏文,王红亮,王敦则. 古地貌对陆相裂谷盆地层序充填特征的控制——以渤中凹陷西斜坡区下第三系为例[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 293-296. [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Wang Dunze. Control of paleo-morphology to stratigraphic sequence in continental rift basins: Take Lower Tertiary of western slope in Bozhong depression as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(4): 293-296.]
- 徐长贵,于水,林畅松,等. 渤海海域古近系湖盆边缘构造样式及其对沉积层序的控制作用[J]. 古地理学报, 2008, 10(6): 627-635. [Xu Changgui, Yu Shui, Lin Changsong, et al. Structural styles of the Paleogene lacustrine basin margin and their control on sedimentary sequences in Bohai Sea area[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(6): 627-635.]
- 徐长贵. 陆相断陷盆地源—汇时空耦合控砂原理:基本思想、概念体系及控砂模式[J]. 中国海上油气, 2013, 25(4): 1-11, 21. [Xu Changgui. Controlling sand principle of source-sink coupling in time and space in continental rift basins: basic idea, conceptual systems and controlling sand models[J]. China Offshore Oil and Gas, 2013, 25(4): 1-11, 21.]
- 冯有良. 断陷湖盆沟谷及构造坡折对砂体的控制作用[J]. 石油学报, 2006, 27(1): 13-16. [Feng Youliang. Control of valley and tectonic slope-break zone on sand bodies in rift-subsidence basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(1): 13-16.]
- 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义[J]. 海相油气地质, 2007, 12(4): 43-50. [Qi Jiafu. Structural transfer zones and significance for hydrocarbon accumulation in rifting basins[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2007, 12(4): 43-50.]
- 林畅松,潘元林,肖建新,等. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学, 2000, 25(3): 260-266. [Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope-break zone: Key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science, 2000, 25(3): 260-266.]
- 张功成,米立军,屈红军,等. 全球深水盆地群分布格局与油气特征[J]. 石油学报, 2011, 32(3): 369-378. [Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Qu Hongjun, et al. A basic distributional framework of global deepwater basins and hydrocarbon characteristics[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(3): 369-378.]
- 庞雄,施和生,朱明,等. 再论白云深水区油气勘探前景[J]. 中国海上油气, 2014, 26(3): 23-29. [Pang Xiong, Shi Hesheng, Zhu Ming, et al. A further discussion on the hydrocarbon exploration potential in Baiyun deep water area[J]. China Offshore Oil and Gas, 2014, 26(3): 23-29.]
- 张功成,陈国俊,张厚和,等. “源热共控”中国近海盆地油气田“内油外气”有序分布[J]. 沉积学报, 2012, 30(1): 1-19. [Zhang Gongcheng, Chen Guojun, Zhang Houhe, et al. Regular distribution of inside-oil fields and outside-gas fields controlled by source rocks and heat in China offshore basins[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2012, 30(1): 1-19.]
- 刘军. 南海北部超深水区鹤山凹陷古近系沉积充填特征分析[J]. 石油天然气学报, 2013, 35(7): 15-18. [Liu Jun. Depositional filling characteristics of Paleogene in Heshan sag of ultra deepwater area in the northern south China sea[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2013, 35(7): 15-18.]
- 施和生,何敏,张丽丽,等. 珠江口盆地(东部)油气地质特征、成藏规律及下一步勘探策略[J]. 中国海上油气, 2014, 26(3): 11-22. [Shi Hesheng, He Min, Zhang Lili, et al. Hydrocarbon geology, accumulation pattern and the next exploration strategy in the eastern Pearl River Mouth basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2014, 26(3): 11-22.]
- 陈长民,施和生,许仕策,等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京:科学出版社, 2003. [Chen Changmin, Shi Hesheng, Xu Shice, et al. The Condition of Forming Tertiary Reservoir in Pearl River Mouth Basin (EAST) [M]. Beijing: Science Press, 2003.]
- 石宁,袁立忠,刘军,等. 鹤山凹陷烃源岩分布特征研究[J]. 断块

- 油气田,2013,20(5):556-559. [Shi Ning, Yuan Lizhong, Liu Jun, et al. Distribution characteristics of hydrocarbon source rock in Heshan sag[J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2013, 20(5): 556-559.]
- 16 崔莎莎,何家雄,陈胜红,等. 珠江口盆地发育演化特征及其油气成藏地质条件[J]. *天然气地球科学*, 2009,20(3):384-391. [Cui Shasha, He Jiaxiong, Chen Shenghong, et al. Development characteristics of Pearl River Mouth Basin and its geological conditions for oil and gas accumulation[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20(3): 384-391.]
- 17 张万选,曾洪流,张厚福. 中国东部陆相单断式盆地地震相模式[J]. *石油实验地质*, 1989, 11(2): 125-135. [Zhang Wanxuan, Zeng Hongliu, Zhang Houfu. Models of seismic facies for continental mono-faulted basins in eastern China[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 1989, 11(2): 125-135.]
- 18 衣健,王璞珺,李瑞磊,等. 松辽盆地断陷层系地震火山地层学研究:典型火山岩地震相与地质解释模式[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2014,44(3):715-729. [Yi Jian, Wang Pujun, Li Ruilei, et al. Seismic volcanostratigraphy of the Songliao Basin, early Cretaceous: typical volcanic seismic facies and geological interpretation pattern[J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2014, 44(3): 715-729.]
- 19 于水明,施和生,梅廉夫,等. 过渡动力学背景下的张扭性断陷——以珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷为例[J]. *石油实验地质*, 2009, 31(5): 485-489. [Yu Shuiming, Shi Hesheng, Mei Lianfu, et al. Analysis of tense-shearing characteristics of Huizhou Paleogene fault depression in Pearl River Mouth Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2009, 31(5): 485-489.]
- 20 Xie H, Zhou D, Li Y P, et al. Cenozoic tectonic subsidence in deep-water sags in the Pearl River Mouth Basin, northern South China Sea [J]. *Tectonophysics*, 2014, 615-616: 182-198.
- 21 漆家福,杨桥. 伸展盆地的结构形态及其主控制动力学因素[J]. *石油与天然气地质*, 2007, 28(5): 634-640. [Qi Jiafu, Yang Qiao. Structural styles of extensional basins and their main controlling factors of dynamics[J]. *Oil & Gas Geology*, 2007, 28(5): 634-640.]
- 22 杨明慧. 渤海湾盆地变换构造特征及其成藏意义[J]. *石油学报*, 2009,30(6):816-823. [Yang Minghui. Transfer structure and its relation to hydrocarbon exploration in Bohai Bay Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(6): 816-823.]
- 23 漆家福,杨桥,童亨茂,等. 构造因素对半地堑盆地的层序充填的影响[J]. *地球科学*, 1997, 22(6): 603-608. [Qi Jiafu, Yangqiao, Tong Hengmao, et al. Sequence construction response to the tectonic process in extensional half-graben basin[J]. *Earth Science*, 1997, 22(6): 603-608.]
- 24 Gawthorpe R L, Leeder M R. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins[J]. *Basin Research*, 2000, 12(3/4): 195-218.
- 25 Morley C K, Nelson R A, Patton T L, et al. Transfer zones in the East African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts[J]. *AAPG Bulletin*, 1990, 74(8): 1234-1253.
- 26 Gawthorpe R L, Hurst J M. Transfer zones in extensional basins: their structural style and influence on drainage development and stratigraphy [J]. *Journal of the Geological Society*, 1993, 150(6): 1137-1152.
- 27 陈发景,汪新文,陈昭年. 伸展断陷中的变换构造分析[J]. *现代地质*, 2011, 25(4): 617-625. [Chen Fajing, Wang Xinwen, Chen Zhaonian. Analysis of transform structures in extensional fault depressions[J]. *Geoscience*, 2011, 25(4): 617-625.]
- 28 卢骏,刘震,张功成,等. 南海北部小型海陆过渡相断陷地震相分析及沉积充填演化史研究——以琼东南盆地崖南凹陷崖城组为例[J]. *海洋地质前沿*, 2011, 27(7): 13-22. [Lu Jun, Liu Zhen, Zhang Gongcheng, et al. Seismic facies analysis and filling history reconstruction of small faulted depressions in northern South China Sea—A historical case on Yacheng Formation in Yanan depression of the Qiongdongnan Basin [J]. *Marine Geology Frontiers*, 2011, 27(7): 13-22.]
- 29 信荃麟,郑清,朱筱敏,等. 惠民凹陷西部沙三段地震相与沉积相研究[J]. *石油学报*, 1988, 9(3): 18-27. [Xin Quanlin, Zheng Qing, Zhu Xiaomin, et al. A study on the seismic facies and sedimentary facies of the third member of Shahejie Formation in western Huimin depression[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1988, 9(3): 18-27.]
- 30 谢庆宾,刘明洁,陈菁萍,等. 开鲁盆地陆东凹陷九佛堂组—沙海组地震相研究[J]. *高校地质学报*, 2013, 19(3): 544-551. [Xie Qingbin, Liu Mingjie, Chen Jingping, et al. Seismic Facies research of the Jiufutang Formation and Shapai Formation in Ludong depression, Kailu basin[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2013, 19(3): 544-551.]
- 31 李成海,王家豪,柳保军,等. 珠江口盆地白云凹陷古近系沉积相类型[J]. *沉积学报*, 2014, 32(6): 1162-1170. [Li Chenghai, Wang Jiahao, Liu Baojun, et al. Types and distribution of the Paleogene sedimentary facies in Baiyun depression of Pearl River Mouth Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2014, 32(6): 1162-1170.]
- 32 米立军,张功成,沈怀磊,等. 珠江口盆地深水区白云凹陷始新统一下渐新统沉积特征[J]. *石油学报*, 2008, 29(1): 29-34. [Mi Lijun, Zhang Gongcheng, Shen Huailei, et al. Eocene-Lower Oligocene sedimentation characteristics of Baiyun sag in the deep water area of Pearl River Mouth Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2008, 29(1): 29-34.]
- 33 吴玉坤,胡明毅,柯岭,等. 利用地震相识别优质烃源岩——以辽中凹陷沙三段为例[J]. *沉积学报*, 2013, 31(2): 366-373. [Wu Yukun, Hu Mingyi, Ke Ling, et al. Identification of high-quality source rocks by seismic facies: Taking the third member of Shahejie Formation in Liaozhong depression as an example[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2013, 31(2): 366-373.]
- 34 葛家旺,朱筱敏,潘荣,等. 珠江口盆地惠州凹陷文昌组砂岩孔隙定量演化模式——以HZ-A地区辫状河三角洲储层为例[J]. *沉积学报*, 2015, 33(1): 183-193. [Ge Jiawang, Zhu Xiaomin, Pan Rong, et al. A quantitative porosity evolution model of sandstone for Wenchang Formation in Huizhou depression, Pearl River Mouth Basin: A case study for braided fluvial delta reservoir of HZ-A area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2015, 33(1): 183-193.]
- 35 王家豪,王华,肖敦清,等. 伸展构造体系中传递带的控砂作用——储层预测的新思路[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(1): 19-25. [Wang Jiahao, Wang Hua, Xiao Dunqing, et al. Control of transfer zone on sandbodies in the extensional structure system——a

new approach to reservoir prediction[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 19-25.]

36 梁富康,于兴河,慕小水,等. 东濮凹陷南部沙三中段构造调节带对沉积体系的控制作用[J]. 现代地质,2011,25(1):55-61,77.

[Liang Fukang, Yu Xinghe, Mu Xiaoshui, et al. Accommodation zones and their controls on depositional system in the middle of third member of Shahejie Formation, south of Dongpu sag[J]. Geoscience, 2011, 25(1): 55-61, 77.]

Sedimentary System Evolution and its Response to Tectonic Movement in Changchang-Heshan Depression, Deep Water Area of Pearl River Mouth Basin

SONG Shuang^{1,2} ZHU XiaoMin^{1,2} YU FuSheng^{1,2} GE JiaWang²

SHI YaHui² HE JingCong² YUAN LiZhong³ LIU Jun³

(1. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting (China University of Petroleum), Beijing 102249, China;

3. Shengzhen Institute of CNOOC Limited, Guangzhou, China 510240)

Abstract: Changchang-Heshan depression, located in southwest Zhu-IV subbasin of Pearl River Mouth Basin, extends in NE - SW direction. It is an important strategic exploration block after oil and gas exploration breakthrough in Baiyun and Liwan depression in deep water area. Changchang-Heshan depression is a new area to oil and gas exploration and has no wells, so the basic geological research is particularly important. Based on fault interpretation and formation thickness analysis, rift stages and structural characteristics were studied in detail. Wenchang and Enping Formation experienced two successive tectonic stages, which respectively corresponded to intensive rift stage and weak rift stage. A variety of different levels and types of structural transfer zones were identified at the same time. Guided by the theory of classic sequence stratigraphy, Wenchang and Enping Formation were divided into two second-order sequences and seven third-order sequences based on the two-dimensional seismic data. According to the characteristics of the seismic reflection, transfer the classic seismic facies to sedimentary facies within the sequence framework, and then rebuilt the process of sedimentary system evolution in the study area. Classified two levels(I and II) and six types of structural transfer zones(syntropy non-overlapping, syntropy non-overlapping, syntropy parallel, syntropy collocation, opposite overlapping and back to back overlapping). The degree of the fault activity controlled the sequence evolution and sedimentation system. Furthermore, structural transfer zone and slope break controlled the distribution and scale of sand bodies. The study area is a new region for oil and gas exploration, this method is focused on the close relation between tectonism and sedimentation. Finally, it offers reliable evidence for favourable region exploration and supports a solid scientific evidence for the low degree oil and gas exploration in deep water area.

Key words: sequence stratigraphic framework; sedimentary system; transfer zone; Changchang-Heshan depression; Pearl River Mouth Basin