

doi: 10.12029/gc20180105

强昆生, 张光学, 张莉, 吕宝凤, 钟广见, 冯常茂, 易海, 赵忠泉, 杨振, 鄢伟. 2018. 南海北部潮汕坳陷侏罗系沉积特征及对储层的控制作用研究[J]. 中国地质, 45(1): 48-58.

Qiang Kunsheng, Zhang Guangxue, Zhang Li, Lv Baofeng, Zhong Guangjian, Feng Changmao, Yi Hai, Zhao Zhongquan, Yang Zhen, Yan Wei. 2018. A study of depositional characteristics of the Jurassic strata in Chaoshan Sub-basin, northern South China Sea, and its control on reservoir beds[J]. Geology in China, 45(1): 48-58(in Chinese with English abstract).

## 南海北部潮汕坳陷侏罗系沉积特征及 对储层的控制作用研究

强昆生<sup>1</sup> 张光学<sup>1</sup> 张莉<sup>1</sup> 吕宝凤<sup>2</sup> 钟广见<sup>1</sup> 冯常茂<sup>1</sup> 易海<sup>1</sup> 赵忠泉<sup>1</sup> 杨振<sup>1</sup> 鄢伟<sup>1</sup>

(1. 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760; 2. 中山大学海洋学院, 广东 广州 510082)

**摘要:**南海北部潮汕坳陷侏罗系具有很大的油气勘探潜力, 沉积特征对其储层的发育具有明显的控制作用。通过对研究区最新地震资料精细解释, 可以划分出4个典型地震反射界面和3个地震反射层, 根据层序界面圈出侏罗系分布特征和残留厚度; 通过地震相-沉积相转换对比分析研究, 识别出侏罗纪地层不同时期的沉积相类型及其分布特征, 重塑了潮汕坳陷侏罗系沉积演化史。该区主要发育5类沉积相、8种沉积亚相, 其中滨岸三角洲前缘亚相和深水扇中亚相分别控制了碎屑流砂岩优质储层的发育; 此外, 浊流砂岩储层主要受控于物源供给的影响, 距离三角洲砂体朵叶越近, 滑塌浊积体数量越多, 面积也越大。总体上, 滨岸三角洲前缘亚相、深水扇中亚相和滑塌浊积体是研究区良好的储集相带, 该类储集体由于埋藏较深加之被泥岩覆盖, 对油气聚集较为有利。

**关键词:**潮汕坳陷; 侏罗系; 沉积特征; 沉积相

中图分类号: P736.21<sup>+</sup>3 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2018)01-0048-11

### A study of depositional characteristics of the Jurassic strata in Chaoshan Sub-basin, northern South China Sea, and its control on reservoir beds

QIANG Kunsheng<sup>1</sup>, ZHANG Guangxue<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, LV Baofeng<sup>2</sup>, ZHONG Guangjian<sup>1</sup>, FENG Changmao<sup>1</sup>, YI Hai<sup>1</sup>, ZHAO Zhongquan<sup>1</sup>, YANG Zhen<sup>1</sup>, YAN Wei<sup>1</sup>

(1. MLR Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China; 2. School of Marine Science, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510082, Guangdong, China)

**Abstract:** The Jurassic strata in the Chaoshan sub-basin of northern South China Sea have great potential for oil and gas exploration, and the sedimentary characteristics have obvious effect on the development of the reservoirs. Based on analyzing the latest seismic data of the study area, the authors recognized four typical seismic reflection interfaces and three seismic reflection layers and, according to the result of the sequence interface, figured out the Jurassic distribution and residual thickness. On the basis

收稿日期: 2017-08-03; 改回日期: 2018-01-18

基金项目: 国土资源部海底矿产资源重点实验室开放基金课题(KLMMR-2017-A-15)及中国地质调查局项目“南海北部及台湾海峡油气资源调查”(DD20160154)资助。

作者简介: 强昆生, 男, 1980年生, 工程师, 主要从事海洋油气地质综合研究工作; E-mail: qks80@163.com。

通讯作者: 张光学, 男, 1965年生, 教授级高级工程师, 主要从事深水油气与天然气水合物地质研究工作; E-mail: zhguangxue@tom.com。

of the comparative analysis of the transformation of seismic facies – sedimentary facies, the authors determined the sedimentary facies types and distribution characteristics of the Jurassic strata in different periods and reshaped the sedimentary evolution history of the Jurassic sediments in the Chaoshan sub-basin. The study area has mainly developed five sedimentary facies and eight kinds of sedimentary subfacies, and the coastal delta front subfacies and deepwater middle-fan subfacies have controlled the development of high-quality reservoirs of the debris flow sandstone separately. In addition, the turbid sandstone reservoir is mainly controlled by the sediment supply, the more closer to the delta sand body leaves, the more the number of slump turbidite, and the larger the area. In general, the front subfacies of the delta, the subfacies of the deep water fan and the gravity flow slip turbulence constitute the facies of high-quality reservoirs in the study area. The reservoirs are fairly favorable for oil and gas accumulation due to the deep burial and the mudstone cover.

**Key words:** Chaoshan Sub-basin; Jurassic; depositional characteristics; sedimentary facies

**About the first author:** QIANG Kunsheng, male, born in 1980, engineer, engages in comprehensive geological study of marine oil and gas; E-mail: qks80@163.com.

**About the corresponding author:** ZHANG Guangxue, male, born in 1965, professor, mainly engages in the offshore deepwater oil and gas hydrates research; E-mail: zhguangxue@tom.com.

**Fund support:** Supported by Key Laboratory of Seabed Mineral Resources Open Fund Project of Ministry of Land and Resources (No. KLMMR-2017-A-15) and the program of China Geological Survey(No. DD20160154).

## 1 引言

潮汕坳陷位于南海北部大陆边缘珠江口盆地东南部(图1)。许多专家学者认为华南大陆边缘陆区出露的中生代晚三叠一早侏罗世的海相沉积是由海区延伸到陆区的,因而推断在南海东北部存在着中生代晚三叠一早侏罗世的海相地层(杨少坤等,2002;周蒂等,2007;钟广见等,2008)。2003年9月中国海洋石油总公司在潮汕坳陷北坡构造带上钻探的LF35-1-1井,该井的钻探直接证实了潮汕坳陷中生界残留地层的存在(郝沪军等,2009;何家雄等,2009)。由于潮汕坳陷侏罗纪地层埋藏较深且离岸距离远,全区的海水深度较大,由西北向东南逐渐加深,平均水深超过350 m。导致采集和处理的地震反射资料品质较差,信噪比低,有效波能量弱,造成潮汕坳陷侏罗系分布范围不清,其残留厚度无法确定等问题,直接影响了潮汕坳陷侏罗系沉积和储层方面的研究工作。

本文采用新近采集和重处理的最新地震资料,展开了潮汕坳陷侏罗系沉积特征研究,通过对井资料、地震资料精细解释、地震相参数的对比分析研究,结合地层厚度图编制成果,恢复了侏罗纪地层不同时期的沉积相类型及其分布特征,重塑了潮汕坳陷侏罗系沉积演化史,充分揭示了潮汕坳陷侏罗系沉积充填过程,为该区油气资源进一步勘探提供

了可靠依据。

## 2 区域地质概况

潮汕坳陷位于南海东北部,珠江口盆地的东南缘,是珠江口盆地油气勘探的新领域。珠江口盆地处于华南大陆的南缘呈NE走向,它是华南大陆的水下延伸部分。潮汕坳陷西北侧和西南侧与东沙隆起相接,东南侧紧邻南部隆起带,西边为白云凹陷,南边为兴宁凹陷。潮汕坳陷总面积约为1.38万km<sup>2</sup>,沉积岩最大厚度超过5000 m(图1,图2)。中国海油钻探的LF35-1-1井钻探证实,潮汕坳陷内沉积有白垩纪的陆相沉积和侏罗纪海相沉积,其中,侏罗纪海相沉积具有良好的石油地质条件(杨树春等,2008)。

## 3 地震地层格架特征及地震相类型

### 3.1 潮汕坳陷侏罗纪地层确定

由于测井曲线纵向的连续性,利用测井曲线进行层序地层划分最为有效。在各类测井曲线中,自然伽玛(GR)和声波时差(AC)曲线对岩性、沉积物的泥质含量、分选性和粒度的反应最为敏感,曲线值变化可提供沉积环境的水动力状况、物源供给条件、沉积作用方式(进积、加积、退积)、剖面结构和沉积相演化序列等诸多方面的信息(郑荣才等,2004)。潮汕坳陷侏罗纪地层界面在LF35-1-1井

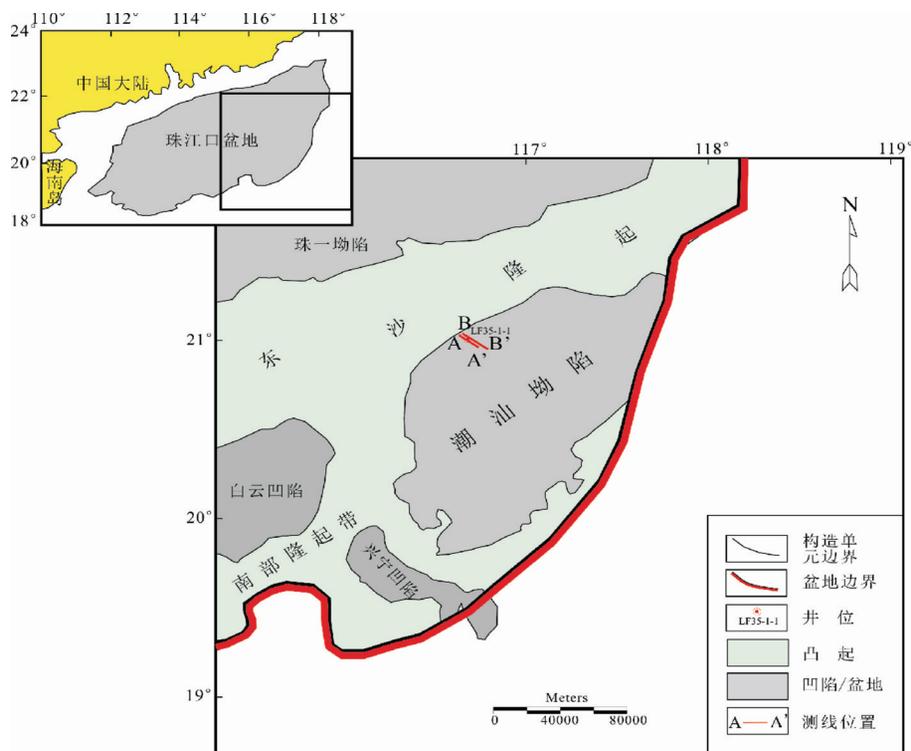


图1 潮汕坳陷区域位置

Fig.1 Location of Chaoshan Sub-basin

测井曲线上(图2)表现为突变面和沉积结构转换面,通过测井曲线可以清晰地划分出侏罗系层序格架,下侏罗统在测井线上主要表现为自然伽马(GR)曲线呈现指形齿化渐变反射特征,包络线以退积式为主,反映出早侏罗世沉积时期,LF35-1-1井附近是一套以泥岩为主,夹杂部分砂岩和灰岩的海相沉积地层;中侏罗统在测井线上主要表现为GR曲线呈现指形齿化突变的反射特征,包络线以前积-加积式为主,反映出中侏罗世沉积时期,LF35-1-1井下部是一套以泥岩和泥质灰岩并夹杂砂岩海相沉积地层,LF35-1-1井上部是一套以泥岩和泥-灰岩为主的海相沉积地层;上侏罗统在测井线上主要表现为GR曲线呈现指形微齿化突变反射特征,包络线以前积式为主,反映出晚侏罗世沉积时期,LF35-1-1井附近是一套以泥岩为主,夹杂部分粉砂-细砂岩及灰岩及泥质灰岩的海相沉积地层。过LF35-1-1井地震剖面(图3)中潮汕坳陷地震反射层以Tg不整合面为界,可划分为上、下两大构造层。Tg不整合面以上为新生代地层,主要是新生代构造层沉积,Tg不整合面以下为中生界下构造层,

属坳陷内沉积,在坳陷四周与上构造层呈角度不整合接触;根据地质资料、反射波终止形式和地震波阻变化特征,在侏罗系构造层序内,可以识别出4个地震层序界面,自下而上分别命名为Tj0、Tj1、Tj2和Tk0(图3)。Tj0界面为下侏罗统与基底的分界面,界面由两个平行的强振幅反射构成,界面之上清晰的地震反射同相轴,中-低频强振幅,连续性好,界面之下为杂乱反射或空白反射不连续特征。Tj1界面为似平行整合面,其上为低频强振幅连续反射,其下为中振幅断续反射,在潮汕坳陷北部坡折带,该界面上部普遍发育上超现象,为下侏罗统和中侏罗统的分界面。Tj2界面为假整合面,其上以波状变振幅反射为主,对下伏地层的削截现象十分普遍,早期断层通常截止在这一层面附近,代表了这一时期前后,潮汕坳陷发生过规模较大的构造运动,对整个潮汕坳陷的构造格局产生了较大的影响,为中侏罗统和上侏罗统的分界面。Tk0界面为不整合面,其界面之上以波状振幅反射为主,下部显示中-高频连续反射,显示为该时期曾经较连续沉积,为侏罗系和白垩系的分界面。上述4个地震

层序界面,将潮汕坳陷侏罗纪地层划分为3套地震层序,由下至上分别命名为层序MSC1、MSC2和MSC3(图3),分别对应下侏罗统、中侏罗统和上侏

罗统;通过LF35-1-1井资料和过井地震剖面,利用拟合地震记录进行了井震对比,标定了地震层序,确立了研究区侏罗纪地层格架。

### 3.2 地震相类型及其与沉积相对应关系

由于潮汕坳陷侏罗系属于南海北部勘探研究的新领域和新层系,仅有位于坳陷西北缘的LF35-1-1井钻遇侏罗系,其测井、录井和岩心等资料相对不全面,因此,需要通过最新的地震资料进行研究。通过区域背景、海平面变化和水动力条件,并结合沉积物供给及构造沉降等因素,可确定不同层序内的地震相类型及其对应的沉积类型(唐武等,2012;马俊明等,2013)。通过地震波的振幅、频率和连续性等物理参数及其内部结构、外部形态等地震相参数,利用地震剖面进行了地震相识别,并进行了平面地震相带的区分,在上述侏罗系地震层序中识别出6种主要的地震相类型(图4)。

(1)叠瓦状中频中强振幅斜交地震相:主要受物源控制,主要分布在研究区西北部,地震波组倾斜平行排列在其上下的水平地震波组之间,在平行于物源方向表现为多期次叠加的叠瓦状楔形体在扇体内部,地震波反射波形杂乱,能量相对较弱,振幅变化大,不同期次之间由强振幅同相轴隔开,为典型的滨岸三角洲沉积的地震响应特征(图3),受西北向物源控制作用,整个扇体的前积方向主要为东南向。

(2)高频中强振幅中连续亚平行地震相:主要分布于研究区的北部,地震反射特征与滨岸三角洲相有明显区别,地震反射通常表现为不规则亚平行内部结构高频中强振幅连续的特征,常常在斜坡底部和盆地底部发育,推测对应为深水扇。

(3)高频变振幅席状地震相:该类型地震反射通常表现反射特征为高频,中—强振幅,同相轴连续性好,波组间同相轴近于平行,横向延伸稳定,分布面积较广,推测对应为浅海相。

(4)低频弱振幅中连续似平行地震相:该类型地震反射通常表现反射特征为中—低频,弱振幅,连续性中等—差,弱振幅表明地层内部缺乏强波阻抗界面,以垂向加积沉积为主,分布面积较广泛,推测对应为深海相,岩性以泥岩为主。

(5)中频中—强振幅较连续丘状—透镜状地震相:该类型地震反射通常表现反射特征以中强振幅

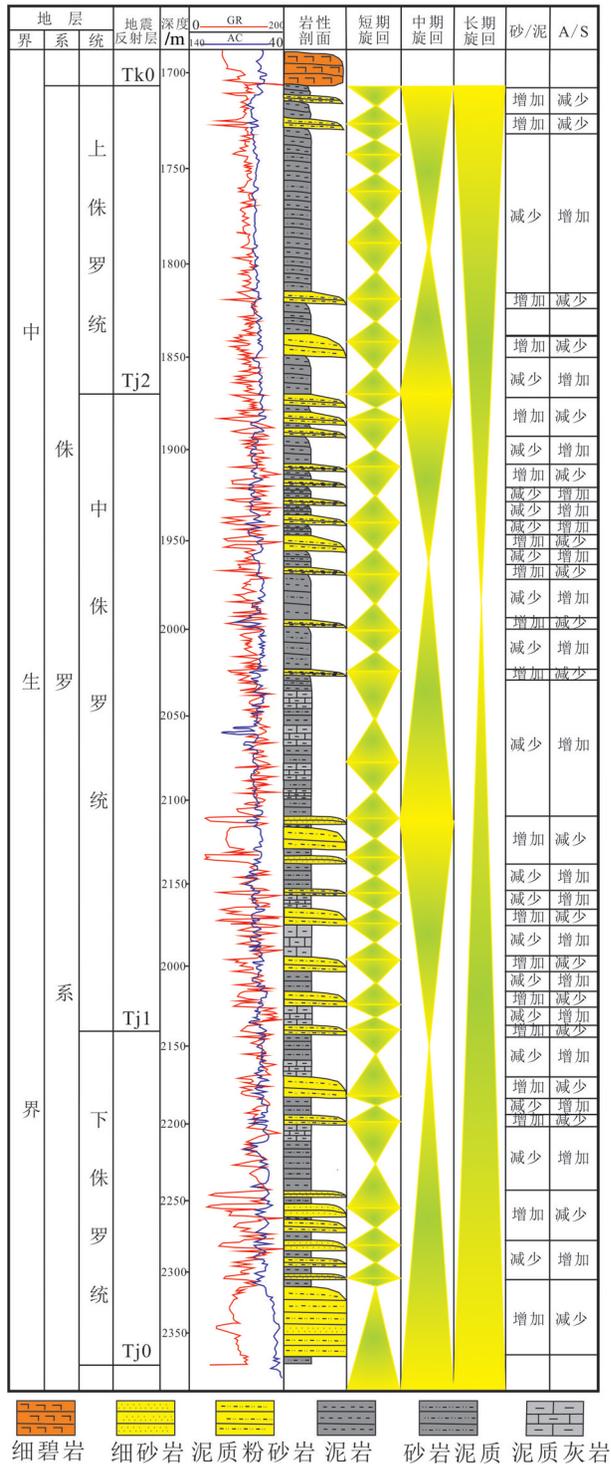


图2 LF35-1-1井侏罗纪地层柱状图  
Fig.2 Histogram of well LF35-1-1 Jurassic strata

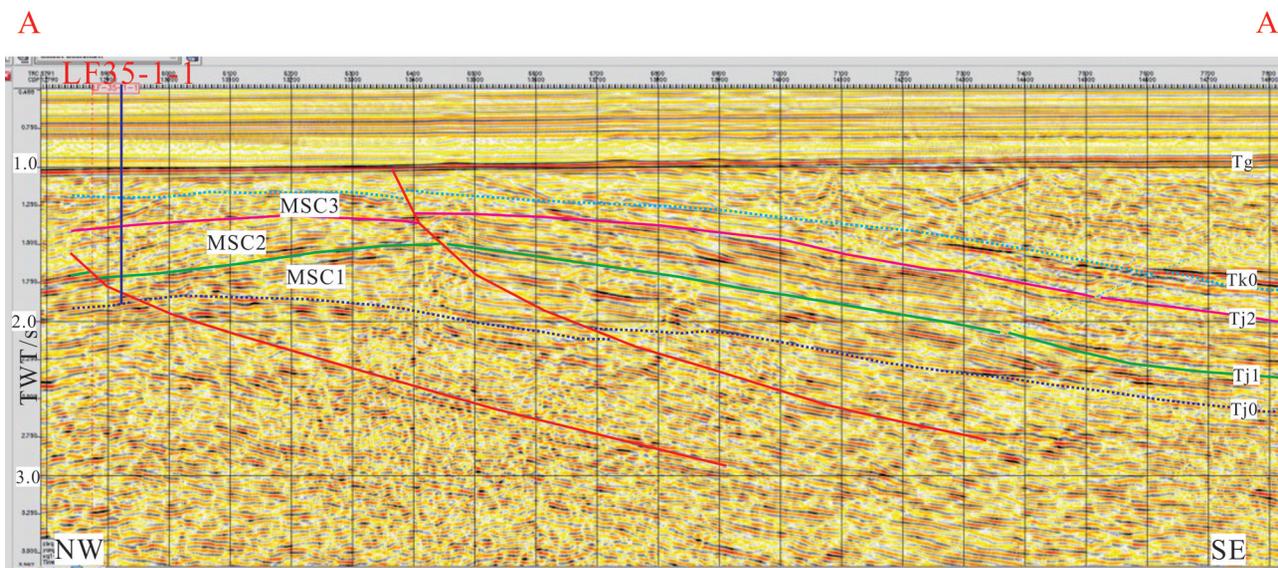


图3 过LF35-1-1井地震资料解释地层对比(位置见图1)

Fig.3 Interpretation of strata of cross LF35-1-1 well seismic data (See Fig. 1 for locations of profiles)

为主,局部为弱振幅,中-高频率反射,偶尔局部可见低频反射,推测对应为浊积体,岩性以细砂岩为主,分布范围较为有限。

(6)低频弱振幅杂乱反射较连续地震相:该类型地震反射通常表现反射特征以低频弱振幅反射特征为主,整体反射界面呈现杂乱或者空白,内部隐约可见不规则似层状反射,推测对应为喷发熔岩或者火成岩,分布范围受到构造运动的控制。

### 3.3 地震相-沉积相在地震剖面上的特征

潮汕坳陷唯一探井LF35-1-1井揭示,潮汕坳陷中生界有两套重要的储集层,分别是白垩纪陆相河流-湖泊相砂体和侏罗纪深海和滨海-浅海相砂岩(郝沪军等,2009)。根据潮汕坳陷侏罗系地震剖面层序格架内,潮汕坳陷在侏罗纪整体上主要处于浅海欠补偿沉积环境,沉积速率较低,西北部靠近物缘的LF35-1-1井附近的滨岸三角洲砂体相对发育,其中,滨岸三角洲前缘亚相在地震剖面上显示为丘状杂乱连续的强反射的特征;前三角洲亚相为一套连续的弱反射,倾斜的反射层依次向盆地方向前积,砂体的岩性变化和横向展布都不稳定;深海相反射层呈现平行微波状,反映水体处于稳定匀速沉积的低能状态;浅海相反射层呈现中频弱振幅较连续相特征,显示出横向岩性稳定和低能的沉积环境。重力流浊积体则呈现乱岗状不规则、不连续反射,同相轴弯曲不光滑,表示,沉积量能横向变化快

(图5)。

### 3.4 潮汕坳陷侏罗系分布特征

潮汕坳陷所在的南海北部大陆边缘处于欧亚板块、印度洋-澳大利亚板块和太平洋板块等三大板块之间(蔡乾忠,1998)。在晚三叠世,以雅鲁藏布江缝合带为遗迹的新特提斯洋在不断北移的冈瓦纳大陆北缘开始扩张,属于特提斯构造域东延部分的原始华南大陆南缘此时也下陷并接受沉积,海水由南向北侵入,沉积了一套滨浅海相及海陆交互的碎屑岩。至中晚侏罗世,库拉-太平洋板块向北西俯冲至亚洲大陆之下,由于区域挤压应力的作用,本区发生挤压、隆起和坳陷,并形成一系列NE向的宽缓长轴褶皱。晚侏罗世末-早白垩世初,新特提斯洋再次强烈张开,本区亦开始沉降,海水再次由南向北侵入,并沉积了一套滨浅海相地层,不整合超覆于上三叠统一下侏罗统之上。此时,在华南沿海一带沉积了一套滨浅海相碎屑岩,在台西南盆地沉积了一套海陆过渡相砂泥岩。早白垩世末,本区开始隆升,海水向南退出,但局部地区仍有海水残存。到晚白垩世末,潮汕坳陷已完全隆起,并长期暴露地表,遭受风化剥蚀且较为严重(夏戡原等,2000;钟大赉等,2002;吴国瑄等,2007)。通过前述LF35-1-1井资料与过井地震剖面井震对比和准确标定地震层序格架,利用地震资料解释成果分别编制了MSC1、MSC2和MSC3三个层位的地层残余

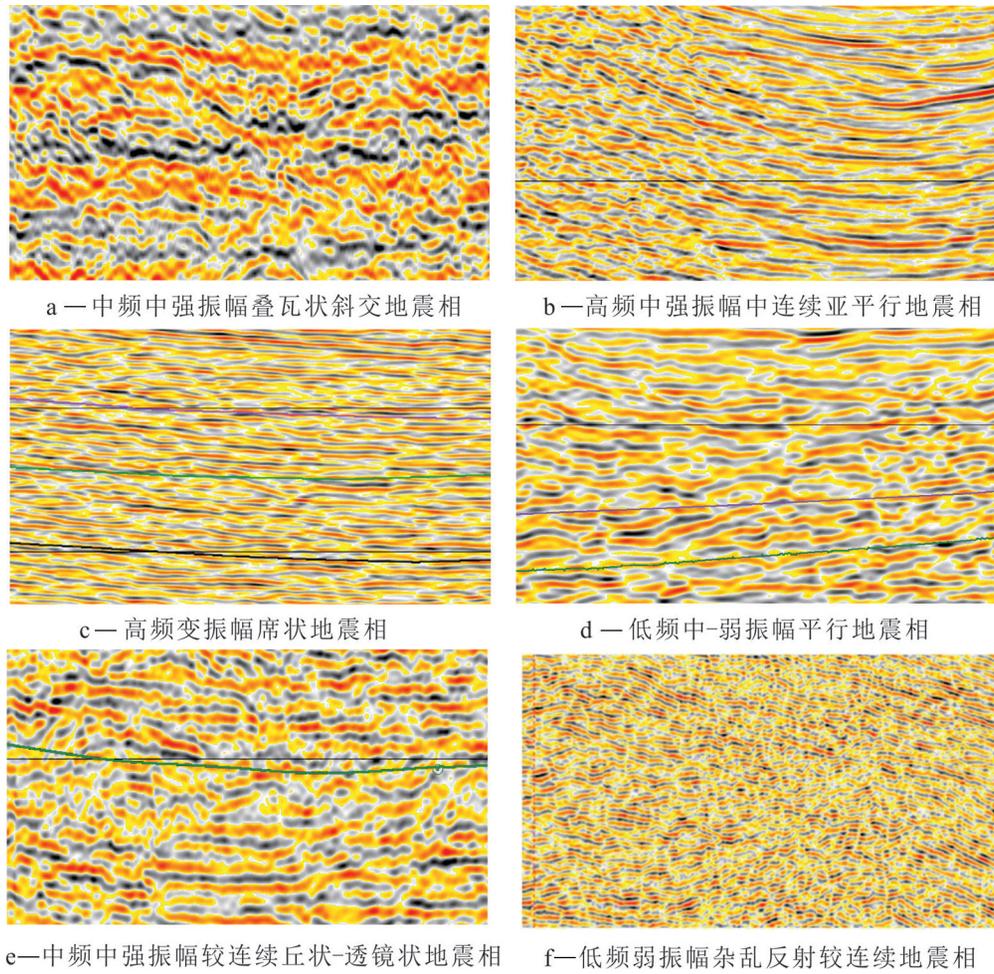


图4 典型地震相反射剖面  
 Fig. 4 Typical reflect sections of seismic faces

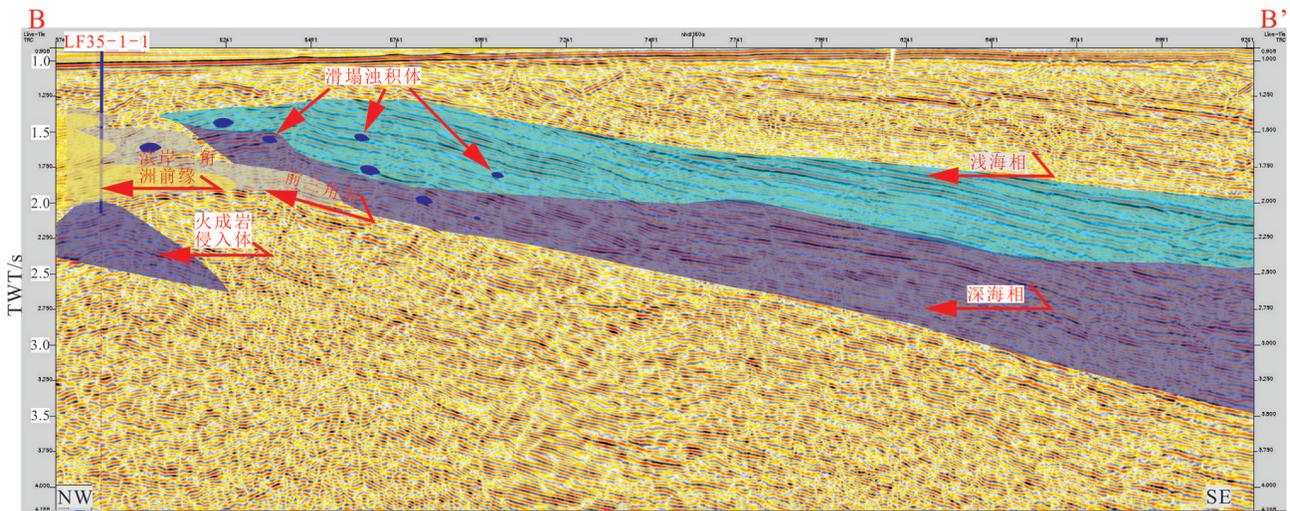


图5 地震相-沉积相反射特征剖面(位置见图1)  
 Fig.5 The reflection characteristics profile of seismic facies and sedimentary facies(See Fig.1 for locations of profiles)

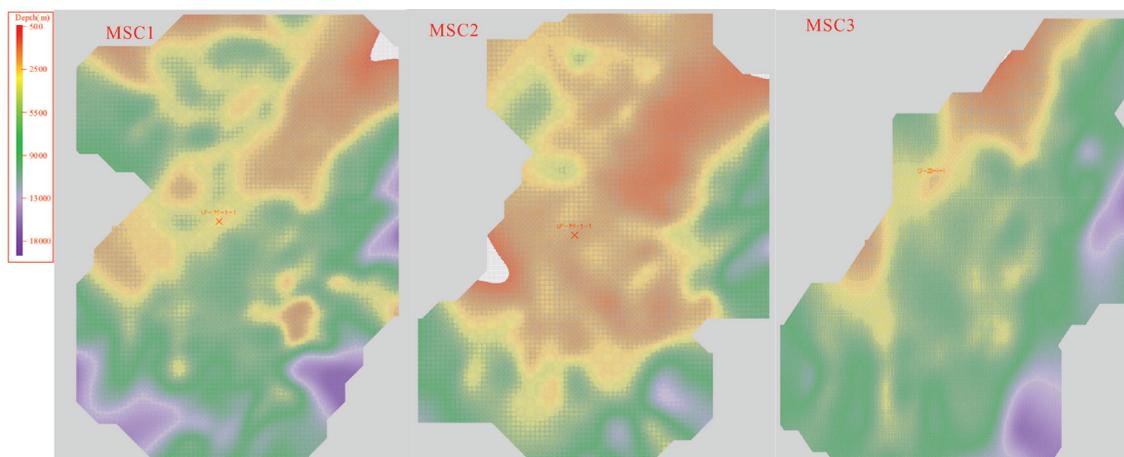


图6 潮汕坳陷侏罗系残余地层厚度图

Fig.6 The map of Jurassic residual formation thickness in Chaoshan sub-basin(See Fig.1 for locations of profiles)

厚度图(图6);这些残留厚度图显示,潮汕坳陷侏罗纪沉积时期经历了多期复杂的构造运动和火山活动,剥蚀现象较为普遍,MSC3层位(上侏罗统)显示其残余厚度面积最小,说明晚侏罗世沉积时期潮汕坳陷经历了较为复杂的构造运动和火山活动,被剥蚀情况严重,研究区西北部剥蚀殆尽,而东南部厚度较大;而MSC2层位(中侏罗统)显示其残余厚度相比MSC3面积扩大,东南部厚度相对较浅,说明晚侏罗世沉积时期潮汕坳陷经历了复杂的构造运动,研究区西部被剥蚀情况严重;而MSC1层位(下侏罗统)显示其残余厚度相比MSC3和MSC2残留面积最大,呈现西北部高而东南部低的地势,研究区西部有剥蚀情况,地层厚度呈现北部薄东南部厚的特征。

#### 4 沉积相横向展布的控制作用

潮汕坳陷侏罗纪地层倾角资料研究表明,潮汕坳陷侏罗系的物源主要来自两个方向,分别是正北和西北方向。主要沉积相类型包括:滨岸三角洲相、深海相、浅海相、深水扇和滑塌浊积体等(陈洁,2007;何家雄等,2009;段九春等,2012;李文浩等,2014;陆宝亮等2014)。按照上述6种地震相分类,将地震剖面按照6个特征各异的地震相类型划分为不同的地震相区域,从而展示出各种地震相类型在地震层序内的平面分布情况,在结合地震响应特征和LF35-1-1井测井响应特征上的变化,以及综合考虑地层格架划分,将潮汕坳陷侏罗系纵向划分为3个具有等时地层意义的作图单元,并依此为划分

依据,在各个作图单元内绘制沉积相平面分布图。

##### 4.1 下侏罗统沉积相特征

在早侏罗世地层沉积时期,潮汕坳陷整体处于海退阶段,主要是一套以泥岩为主,夹杂部分砂岩和灰岩的海相沉积地层,其中潮汕坳陷的东南部主要是深海相沉积,西北部以浅海相沉积为主。由于远离华南大陆,物源供给并不十分充分且不均衡,来自西部的物源供应相对充分,形成的滨岸三角洲前缘亚相由西北向东南一直向坳陷深部延续到LF35-1-1井附近,而形成的前三角洲亚相则延伸更远,范围更大。而在此时期,由于海平面下降,有利于形成在无外界触发作用机制下的滨岸三角洲前缘滑塌浊积体,尤其在海退阶段,滨岸三角洲前缘向前快速推进,朵叶向前延伸较远时,在三角洲前缘向坳陷延伸范围,形成数量众多,面积不一的重力作用的滑塌浊积体沉积。在早侏罗世沉积时期,该类滑塌浊积体发育和分布在研究区西北部地区范围较广,而在北部和南部地区较少沉积。潮汕坳陷北部物源在相对海平面快速下降时期,大量的沉积物由陆架边缘三角洲经过海底峡谷以重力流的方式搬运到坳陷的深部区域,从而堆积形成盆底深水扇,而扇端亚相前缘,常常由于海水的浮力作用,滑塌形成小规模浊积体,该浊积体发育规模较小,受控于物源通道的发育规模(图7)。

##### 4.2 中侏罗统沉积相特征

在中侏罗世地层沉积时期,潮汕坳陷整体处于海侵阶段,主要是一套以泥岩为主,夹杂部分砂岩

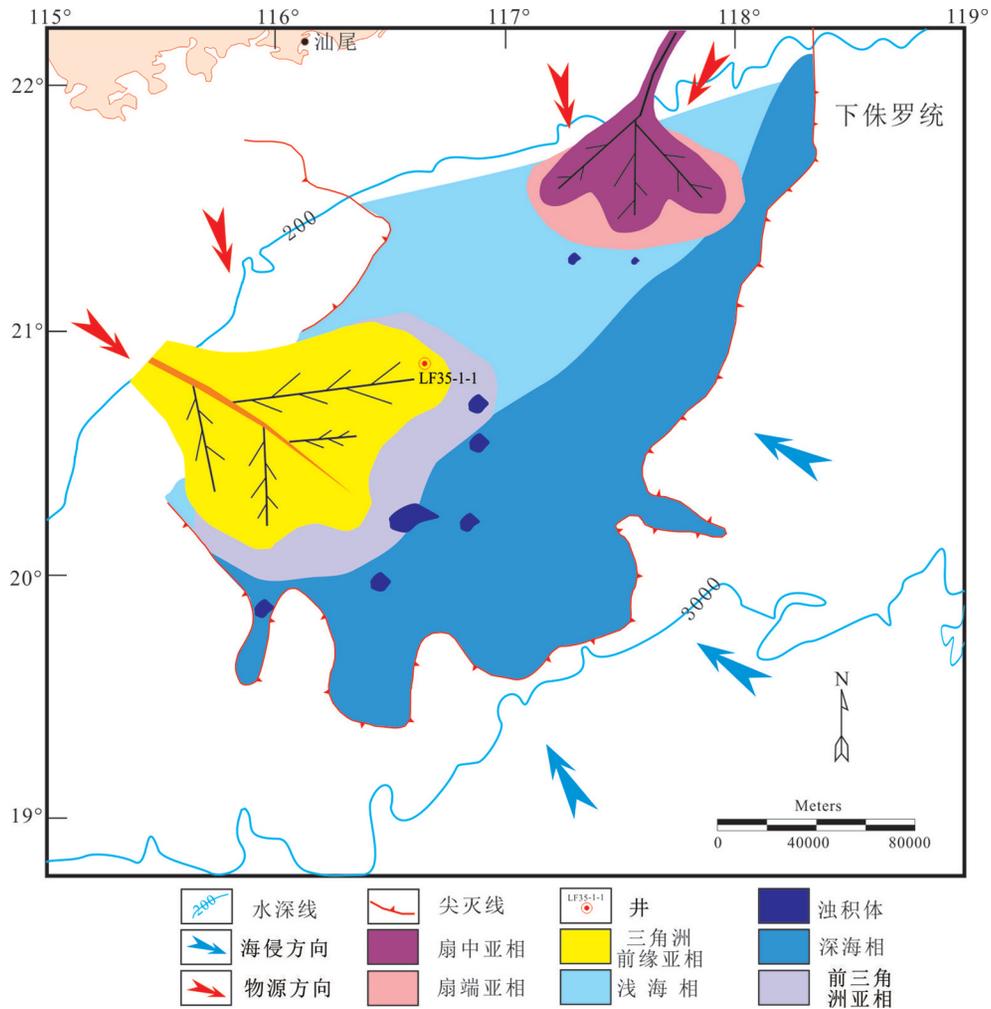


图7 潮汕坳陷下侏罗统沉积相展布图

Fig.7 Sedimentary facies distribution of the Lower Jurassic strata in Chaoshan Sub-basin

和灰岩及泥质灰岩的海相沉积地层,其中潮汕坳陷的东南部深海相沉积范围比早侏罗世沉积时期有所扩大,西北部以浅海相沉积时沉积范围最广,沉积环境主要以浅海-深海欠补偿沉积。来自西部的物源供给缺乏,形成的滨岸三角洲相扇体范围萎缩,形成的前三角洲亚相则延伸范围到LF35-1-1井附近,而此时期,由于海平面上升,不利于在形成无外界触发作用机制下的滨岸三角洲前缘滑塌浊积体,仅在朵叶向前延伸的方向形成滑塌浊积体,范围和数量均少于早侏罗世沉积时期。潮汕坳陷北部物源在相对海平面快速上升时期,陆架边缘三角洲经过海底峡谷以重力流的方式堆积形成破坏型盆底深水扇,由于海水的浮力和冲刷作用,易于围绕扇端滑塌形成规模不等的浊积体,这些浊积体

均为良好的储集层(图8)。

### 4.3 上侏罗统沉积相特征

在晚侏罗世地层沉积时期,潮汕坳陷整体依旧处于海侵阶段,以深海相沉积为主,地层主要沉积一套以泥岩夹杂部分粉砂-细砂岩,以及在LF35-1-1井附近的灰岩及泥质灰岩的海相沉积地层,其中潮汕坳陷的深海相沉积范围最大,西北部以浅海相沉积时沉积范围缩小。来自西部的物源供给缺乏,形成的滨岸三角洲扇体范围进一步萎缩,滨岸三角洲前缘滑塌浊积体发育规模和数量相对较少,主要在朵叶附近分布。而来自北部的物源供给相对充分,滨岸三角洲相砂体由北向南,朝坳陷深处延伸并在前滨岸三角洲亚相前沿形成数量、规模不等的浊积体。潮汕坳陷北部物源在相对海平面快

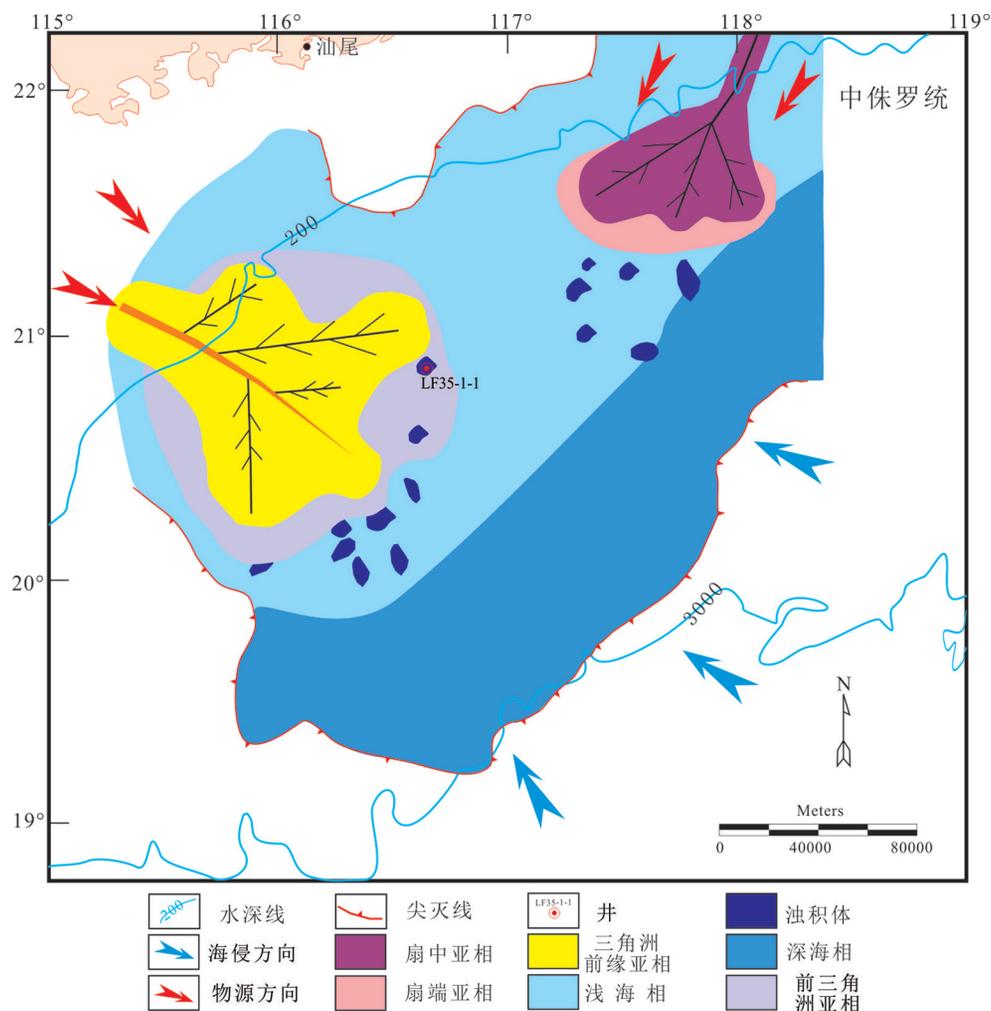


图8 潮汕坳陷中侏罗统沉积相展布图

Fig.8 Sedimentary facies distribution of the Middle Jurassic strata in Chaoshan Sub-basin

速上升时期,陆架边缘三角洲经过海底峡谷的物源碎屑供给增加,以重力流的方式沿海底峡谷形成盆底深水扇,在海水的浮力作用下,围绕扇端前缘滑塌形成规模不等的浊积体,且浊流砂岩为优质储集层(图9);该类储集层由于处于欠补偿沉积环境,被周围泥岩包裹,加之埋藏较深,很容易聚集油气。

## 5 结论

(1)在潮汕坳陷侏罗系构造层序内,能够清楚识别出4个典型的地震层序反射界面,自下而上分别为Tj0、Tj1、Tj2和Tk0,以及3个反射层MSC1、MSC2和MSC3,其对应的3个地质构造层分别为下侏罗统、中侏罗统和上侏罗统。

(2)潮汕坳陷侏罗纪地层残余地层厚度显示,多期复杂的构造运动和火山活动对本区储层的影响巨大,剥蚀现象较为普遍,MSC3层位(上侏罗统)显示其残余厚度面积最小,而MSC2层位(中侏罗统)显示其残余厚度相比MSC3面积扩大,而MSC1层位(下侏罗统)显示其残余厚度相比MSC3和MSC1残留面积最大,地层厚度呈现西北部薄东南部厚的特征。

(3)潮汕坳陷侏罗纪地层主要发育5类沉积相、8种沉积亚相,其中滨岸三角洲前缘亚相和深水扇中亚相是优质的储层发育区,分别控制了碎屑流砂岩优质储层的发育,此外,浊流砂岩储层也是优质储集体,主要受控于物源供给的影响,距离三角洲朵

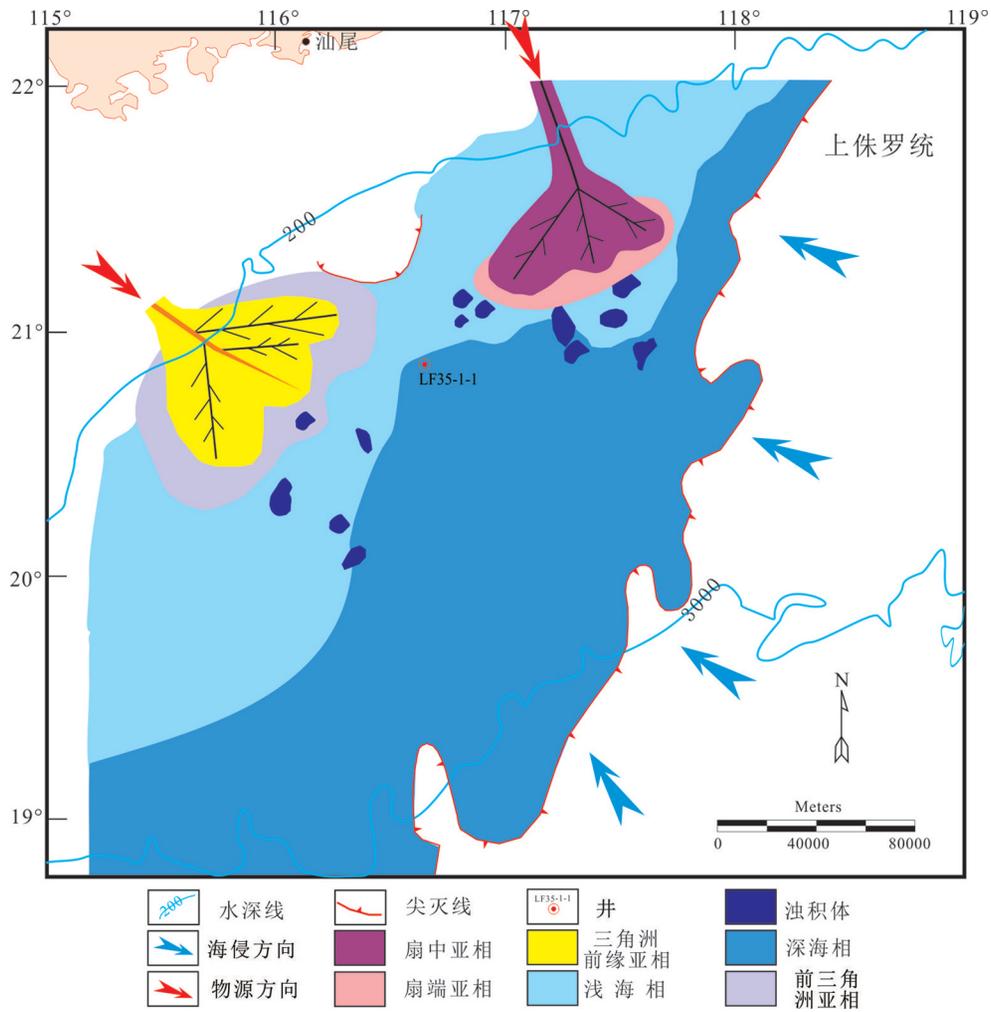


图9 潮汕坳陷上侏罗统沉积相展布图

Fig.9 Sedimentary facies distribution of the Upper Jurassic strata in Chaoshan Sub-basin

叶越近,滑塌浊积体数量越多,面积也越大。

References

Can Qianzhong. 1998. Primary hydrocarbon-bearing basins and the pool-forming conditions in china seas and adjacent regions [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, (4):1-10(in Chinese with English abstract).

Chen Jie. 2007. Geophysical characteristics of the Chaoshan depression and its hydrocarbon exploration potential [J]. Progress in Geophysics, 22(1):147-155(in Chinese with English abstract).

Duan Jiuchun, Mi Hui fen. 2012. Seismic facies and sedimentary facies study of Mesozoic in chaoshan sag [J]. Resources and Industries, 14(1):106-111(in Chinese with English abstract).

Hao Hujun, Shi Hesheng, Zhang Xiangtao, Wang Tiancai, Tang Shouli. 2009. Mesozoic sediments and their petroleum geology conditions in Chaoshan sag: a discussion based on drilling results from the

exploratory well LF35-1-1 [J]. China Offshore Oil And Gas, 21(3): 151-156(in Chinese with English abstract).

He Jiexiong, Chen Shenghong, Cui Shasha, Ma Wenhong, Luan Xiwu. 2009. Early-stage prediction and evaluation of hydrocarbon source rocks in the deepbasin on the northern continental margin of the South China Sea [J]. Geology in China, 36(2):404-416(in Chinese with English abstract).

He Jiexiong, Chen Shenghong, Ma Wenhong, Gong Xiaofeng. 2012. The evolution, migration and accumulation regularity of oil and gas in Zhujiangkou basin, northeastern South China Sea [J]. Geology in China, 39(1):106-118(in Chinese with English abstract).

Li Wenhao, Zhang Zhihuan, Li Youchuan, Zhang Gongcheng, Fu Ning. 2014. The development characteristics of source rocks in the main deepwater petroliferous basins of the world and their enlightenment to the study of source rocks in deep-water area of northern South China Sea [J]. Geology in China, 41(5): 1673-1681 (in Chinese with English abstract).

- Lu Baoliang, Wang Pujun, Wu Jingfu, Li Wuzhi, Wang Wanyin, Lang Yuangqiang. 2014. Distribution of the Mesozoic in the continental margin basins of the South China Sea and its petroliferous significance[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 41(4): 497–503(in Chinese with English abstract).
- Ma Junming, Xue Linfu, Fu Shaoying, Zhao Congli, Li Wenbo. 2013. Seismic-sedimentary facies analysis and evolution of sedimentary environment in Shenhu Area, South China Sea[J]. *Global Geology*, 32(2):359–365(in Chinese with English abstract).
- Tang Wu, Wang Yingmin, Huang Zhichao, Wang Lin, Deng Yantao, He Yongyao, Wang Dan. 2012. Seismic facies and sedimentary evolution characteristics of Miocene sequence strata in the Deep-water Region, Southern Qiongdongnan Basin[J]. *Marine Origin Geology*, 12(2): 20–25(in Chinese with English abstract).
- Wu Guoxuan, Wang Rujian, Hao Hujun, Shao Lei. 2007. Microfossil evidence for development of marine Mesozoic in the north of South China Sea[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 27(1): 79–85(in Chinese with English abstract).
- Xia Kanyuan, Huang Ciliu. 2000. The discovery of Meso-tethys sedimentary basins in the southchina sea and their oil and gas perspective [J]. *Earth Science Frontiers*, 7(3):227–238(in Chinese with English abstract).
- Yang Shaokun, Lin Heming, Hao Hujun. 2002. Oil and gas exploration prospect of Mesozoic in the eastern Part of Pearl Rivermouth Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 23(5):28–33(in Chinese with English abstract).
- Yan Shuchun, Tong Zhigang, He Qing, Hao Jianrong. 2008. Mesozoic hydrocarbon generation history and igneous intrusion impacts in Chaoshan depression, South China Sea: A case of LF35–1–1 well [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 20(3):152–156(in Chinese with English abstract).
- Zhong Dalai, Ding Lin, Zhang Jinjiang, Ji Jianqing. 2002. Study of orogenic Belts in China: Retrospects and Prospects [J]. *Geological Review*, 48(2):147–152(in Chinese with English abstract).
- Zheng Rongcai, Ke Guangming, Wen Huaguo, Gao Hongcan. 2004. Isochronic correlation of fluvial sandbodies by high-resolution sequence technique[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 31(6): 641–647(in Chinese with English abstract).
- Zhong Guangjian, Wu Nengyou, Lin Zhen, Yao Yongjian, Yi Hai. 2008. Characteristics of faults on the northeastern continental slope of the South China Sea and their controls on basin evolution[J]. *Geology in China*, 35(3): 456–462(in Chinese with English abstract).
- Zhou Di, Sun Zhen, Chen Hanzong. 2007. Tectonic features of World's major deep-water oil /gas fields and their enlightenment to deep-water exploration in northern South China Sea [J]. *Advances in Earth Science*, 22(6): 561–572(in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 蔡乾忠. 1998. 中国海域及邻区主要含油气盆地与成藏地质条件[J]. *海洋地质与第四纪地质*, (4):1–10.
- 陈洁. 2007. 潮汕坳陷地球物理特征及油气勘探潜力[J]. *地球物理学进展*, 22(1):147–155.
- 段九春, 米慧芬. 2012. 潮汕坳陷中生界地震相与沉积相研究[J]. *资源与产业*, 14(1):106–111.
- 郝沪军, 施和生, 张向涛, 汪天才, 汤守立. 2009. 潮汕坳陷中生界及其石油地质条件——基于LF35–1–1探索井钻探结果的讨论[J]. *中国海上油气*, 21(3):151–156.
- 何家雄, 陈胜红, 崔莎莎, 马文宏, 栾锡武. 2009. 南海北部大陆边缘深水盆地烃源岩早期预测与评价[J]. *中国地质*, 36(2):404–416.
- 何家雄, 陈胜红, 马文宏, 龚晓峰. 2012. 南海东北部珠江口盆地成生演化与油气运聚成藏规律[J]. *中国地质*, 39(1):106–118.
- 李文浩, 张枝焕, 李友川, 张功成, 傅宁. 2014. 世界深水含油气盆地烃源岩的发育特征及对中国南海北部深水区烃源岩的启示[J]. *中国地质*, 41(5):1673–1681.
- 鲁宝亮, 王璞珺, 吴景富, 李伍志, 王万银, 朗元强. 2014. 南海陆缘盆地中生界分布特征及其油气地质意义[J]. *石油勘探与开发*, 41(4):497–503.
- 马俊明, 薛林福, 付少英, 赵聪俐, 李文博. 2013. 南海神狐海域地震—沉积相分析与沉积环境演化[J]. *世界地质*, 32(2): 359–365.
- 唐武, 王英民, 黄志超, 王琳, 邓彦涛, 何永垚, 王丹. 2012. 琼东南盆地南部深水区中新统层序地层地震相与沉积演化特征[J]. *海相油气地质*, 12(2): 20–25.
- 吴国璋, 王汝建, 郝沪军, 邵磊. 2007. 南海北部海相中生界发育的微体化石证据[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 27(1):79–85.
- 夏戡原, 黄慈流. 2000. 南海中生代特提斯期沉积盆地的发现与找寻中生代含油气盆地的前景[J]. *地学前缘*, 7(3):227–238.
- 杨树春, 全志刚, 贺清, 郝建荣. 2008. 潮汕坳陷中生界生烃历史及火成岩侵入影响分析—以LF35–1–1井为例[J]. *中国海上油气*, 20(3):152–156.
- 杨少坤, 林鹤鸣, 郝沪军. 2002. 珠江口盆地东部中生界海相油气勘探前景[J]. *石油学报*, 23(5):28–33.
- 钟大赉, 丁琳, 张进江, 季建清. 2002. 中国造山带研究的回顾和展望[J]. *地质论评*, 48(2):147–152.
- 郑荣才, 柯光明, 文华国, 高红灿. 2004. 高分辨率层序分析在河流相砂体等时对比中的应用[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 31(6):641–647.
- 钟广见, 吴能友, 林珍, 姚永坚, 易海. 2008. 南海东北陆坡断裂特征及其对盆地演化的控制作用[J]. *中国地质*, 35(3):456–462.
- 周蒂, 孙珍, 陈汉宗. 2007. 世界著名深水油气盆地的构造特征及对我国南海北部深水油气勘探的启示[J]. *地球科学进展*, 22(6): 561–572.