

南黄海海相中—古生界碳酸盐岩 储层特征及成藏模式 ——对比四川盆地和苏北盆地

吴淑玉^{1,2,3}, 陈建文^{1,2,3}, 梁杰^{1,2,3}, 刘俊^{1,2,3,4}, 张银国^{1,2,3}, 袁勇^{1,2,3}

(1 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 4 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074)

摘要:通过对比四川盆地、苏北盆地和南黄海盆地的钻井、测井、岩心、野外露头等资料, 分析了南黄海中—古生界海相碳酸盐岩储层类型及其成藏模式。研究区存在白云岩孔隙储层、礁滩相储层、风化壳储层和裂隙储层, 成藏模式有威远式、安岳式、五百梯式和普光式, 并且预测南黄海崂山隆起具备以上 4 种成藏模式, 为目前及将来勘探的重点目标。

关键词:南黄海; 海相中—古生界; 碳酸盐岩; 储层; 成藏模式

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2016.01003

南黄海盆地位于 32°—37°N, 120°—124°E, 盆地面积 18 万 km², 为下扬子克拉通板块的主体, 是我国海域唯一尚未获得油气突破的海区^[1]。盆地内目前仅少数几口井钻遇中—古生界, 最老目的层为石炭系。通过类比四川盆地和苏北盆地, 对南黄海中—古生界的海相碳酸盐岩储层类型进行分析, 并预测了其成藏模式, 以期对盆地中—古生界的下一步勘探提供有利方向。

1 区域地质背景

下扬子经历了多期构造运动, 自晋宁期以来,

经历了基底固结、增生和海侵沉降的漫长发展历史, 最终开始接受稳定的地台型海相沉积建造。

自晚震旦世开始, 上震旦统陡山沱组页岩和灯影组白云岩向全盆地披盖式超覆代表了盆地沉降作用的开始, 沉降中心位于浙西一带, 形成以碳酸盐岩为主的克拉通边缘海沉积建造, 这一时期海相沉积主要为“一台两槽”的基本格局^[2]。

在早古生代期间, 华夏板块向扬子板块俯冲, 华南海呈脉动式收缩, 引发加里东运动, 华南海消失后扬子板块和华夏板块拼合^[2], 加里东运动使下扬子区长期隆起, 缺失上志留统和中、下泥盆统, 沉积间断长达 47 Ma。自震旦纪到早、中三叠世基本上都是一套沉积在变质基底上的海相地台型沉积建造, 属浅海台地、浅海陆棚—较深海的盆地相^[3]。在 2 亿年前的印支期, 由于郯庐断裂带的左旋走滑, 扬子板块向北俯冲而与中朝板块相碰撞, 结束了晚震旦世—早三叠世海相沉积史, 中国南方进入濒太平洋大陆边缘活动带的发展阶段^[4]。在中三叠世末至早白垩世, 下扬子区大部

收稿日期: 2015-11-25

基金项目:国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室基金(MRE201318, MRE201115); 国家海洋局海底重点实验室基金(KLSG1102); 中国地质调查局项目(GZH200800503)

作者简介:吴淑玉(1985—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事南黄海和北黄海领域地震资料解释和反演等地球物理相关工作。
E-mail: hnwushuyu@163.com

分地区都处于隆升剥蚀状态,只在局部地区发育有前陆盆地沉积^[5]。南黄海盆地北以千里岩隆起为界,南以勿南沙隆起为界,盆地从北到南可以划分为烟台凹陷、崂山隆起和青岛凹陷 3 个二级构造单元^[6](图 1)。

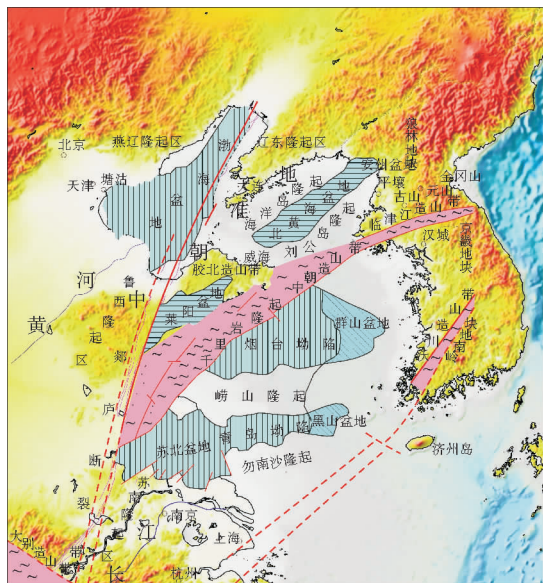


图 1 南黄海盆地二级构造单元划分
Fig. 1 Secondary tectonic units of the South Yellow Sea Basin

2 储集特征

根据前人的研究,扬子地区海相中古生界储集层的岩石类型主要为碳酸盐岩,碎屑岩次之。碳酸盐岩储集条件较好的层位有震旦系灯影组白云岩,中、上寒武统白云岩,下奥陶统灰岩;中、上石炭统碳酸盐岩,下二叠统栖霞组灰岩和下三叠统青龙组灰岩。

海相中—古生界碳酸盐岩储层物性具有低孔低渗特征,根据苏北盆地陆上井资料显示,超过 60% 的样品平均孔隙度为 0.82%~2.09%,渗透率 <0.1 mD。孔、洞、缝是碳酸盐岩储层的主要储集空间,原生基质孔隙保存较少,主要为成岩后改造的次生孔隙和裂缝。石炭系黄龙组和船山组灰岩原生孔隙经压实、胶结作用而丧生,但后来埋藏溶蚀作用产生次生孔隙,埋藏溶蚀和压溶作用形成的溶蚀孔和缝合线常被亮晶方解石充填,晚期溶蚀作用造成早期溶蚀孔、缝附近再度溶蚀,所

形成的孔、洞、缝常被原油、沥青充填,在溶蚀孔、洞、缝发育的碳酸盐岩生物屑含量高达 40%~80%。上下扬子区海相中—古生界碳酸盐岩储层普遍致密,但是局部发育了较好的储集层段。储层可分为白云岩孔隙储层、礁滩相储层、风化储层和裂隙储层。

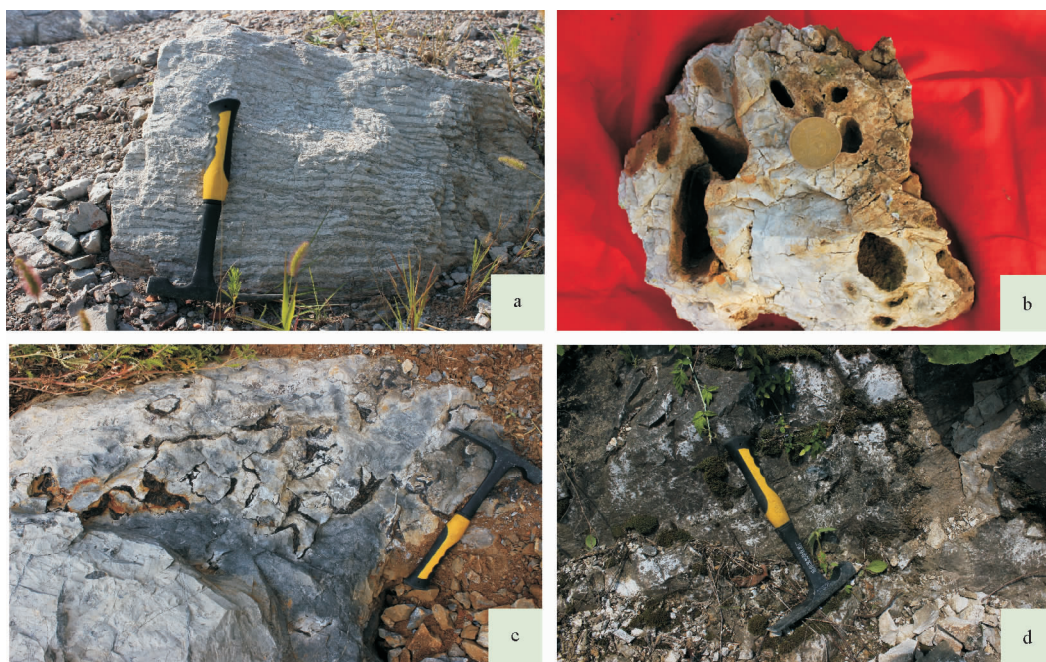
2.1 白云岩孔隙储层

四川盆地威远气田和安岳气田的主要产气储层为震旦系—寒武系的白云岩,一般分为 2 种类型,一种为白云岩重结晶间孔及沿晶间孔扩溶、又经亮晶白云石半充填后的残余孔和小洞;另外一种为亮晶白云石半充填后的残余溶洞^[7]。四川盆地震旦系灯影组孔隙度为川中 $>$ 威远 $>$ 资阳 $>$ 丁山,整个盆地基质孔隙度较低,主要分布在 1%~2%,4 个区的平均孔隙度分别为 1.89%、1.97%、1.3%和 1.45%^[8]。南京地区野外露头岩性为浅灰、灰色厚层白云岩与灰质白云岩、白云质灰岩互层,部分为厚层内碎屑白云质灰岩,含白云质灰岩、灰岩、白云岩具刀砍状,灯影组地层厚度为 1 000 m 左右(图 2a)。安徽地区发育震旦系灯影组为灰、深灰色厚层微晶白云岩,葡萄状构造,含蓝藻化石及核形石,局部溶蚀孔洞发育(图 2b)。下扬子地区寒武系除了底部页岩以上为白色厚层状白云岩,部分含灰质白云岩或白云质灰岩,地层厚度为 800~900 m。南京汤山地区下奥陶统仑山组以灰白色厚层—中厚层的灰质白云岩为主(图 2c),地层厚度为 100 m 左右。安徽泾县地区下奥陶统仑山组以细晶白云岩夹硅质条带(图 2d),地层厚度 120 m 左右。

青岛凹陷 WX5-ST1 井下三叠统青龙组(2 302~2 327 m 井段)发现 25 m 厚的白云岩,其中 2 305~2 315 m 井段为高孔、高渗岩层,有效孔隙度为 6%~8%^[9](图 3);CZ12-1-1 井 2 710~2 920 和 3 212~3 310 m 井段为下石炭统和州组白云岩储层,白云岩溶孔发育,主要为泥晶白云岩,说明南黄海下三叠统和下石炭统分布着孔隙性好的白云岩储层。目前南黄海钻井还未钻到震旦系、寒武系和奥陶系,但由地震资料可以揭示以上几套地层,海相中—古生界下构造层地层厚度为 2 000~4 000 m,构造相对稳定。由上、下扬子陆区白云岩的分布情况可以推断,南黄海震旦系、

寒武系和奥陶系也分布着白云岩储层,而且白云岩为形成好储层存在更大的潜在背景。另外作为下

扬子地块的主体,南黄海发育的白云岩储层类似邻近的苏北盆地,但却有更优越的石油地质条件^[1]。



a 南京幕府山震旦系灯影组白云岩;b 安徽巢湖震旦系灯影组葡萄球状白云岩;
c 南京汤山下奥陶统组灰质白云岩;d 安徽泾县下奥陶统组灰质白云岩

图 2 下扬子陆区白云岩野外露头照片

Fig. 2 Dolomite outcrop in the Lower Yangtze Area

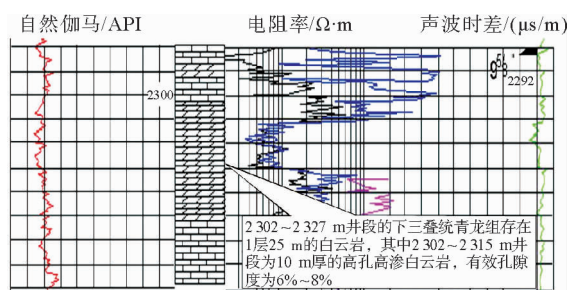


图 3 WX5-ST1 井三叠系白云岩孔隙性储层(据文献[9])

Fig. 3 Triassic porous dolomite reservoir from Well WX5-ST1 (from reference [9])

2.2 礁滩相储层

上扬子川东北地区普光、龙岗和元坝大型气田主力产气储层为上二叠统长兴组生物礁气藏和下三叠统飞仙关组鲕粒滩气藏^[10-12],川中地区高石梯—磨溪的寒武系龙王庙的颗粒滩气藏^[13]。长兴组和飞仙关组礁滩气藏主要分布在开江—梁平台缘两侧,长兴组发育台地边缘浅滩相带晶粒

白云岩和部分颗粒白云岩,部分位于台地边缘生物礁相的生物礁白云岩中,孔隙度为 0.51%~9.56%,平均为 3.5%,渗透率为 0.001~93.727 mD,平均为 2.634 mD^[14]。飞仙关组储层为一套藻屑鲕粒白云岩和残余鲕粒白云岩,经白云石化和溶蚀作用,溶蚀孔、洞和裂缝十分发育,储层厚度大,孔隙度为 0.44%~26.4%,平均值为 7.61%,渗透率 0.01~3 554.1 mD,平均为 26.3 mD^[15]。寒武系龙王庙组颗粒滩发育于碳酸盐岩台地内部,滩体以透镜状顺层大面积分布,岩石类型为鲕粒白云岩、结晶白云岩和泥晶白云岩,平均孔隙度为 3.5%,平均渗透率 0.1 mD^[13]。南京汤山野外露头下奥陶统红花园组分布碳酸盐岩台地边缘相生物碎屑灰岩。安徽泾县野外露头下奥陶统红花园组为灰色厚层致密灰岩夹鲕粒灰岩和生物碎屑灰岩。

南黄海盆地青岛坳陷 WX13-3-1 井 2 100~2 118.2 m 井段取心发现,二叠系有富含单体珊

瑚、有孔虫、腕足、瓣鳃、兰藻、苔藓等化石的生物灰岩,岩心下部还见藻纹层灰岩。从生物的特征、岩石的沉积构造分析,这些应该是生物礁体,倾角测井也显示岩礁特征,中子孔隙度为 5%~7%,有不规则的原生裂隙,为较好的储层。青岛坳陷 CZ12-1-1 井石炭系发育礁滩相储层,船山组中下部由褐灰色藻团细粉晶灰岩、深

灰色含生物粉晶灰岩组成,上部为浅灰色生物藻团粉晶灰岩、灰色生物细碎屑粉晶灰岩、泥晶灰岩和含燧石灰岩,钻遇厚度 133 m,SP 和 RT 测井曲线在该层段变化剧烈(图 4);WX5-ST1 井三叠系青龙组普遍见到鲕粒亮晶灰岩和团粒亮晶灰岩,以上证据说明南黄海地区也存在一定范围的礁滩相储层发育区。

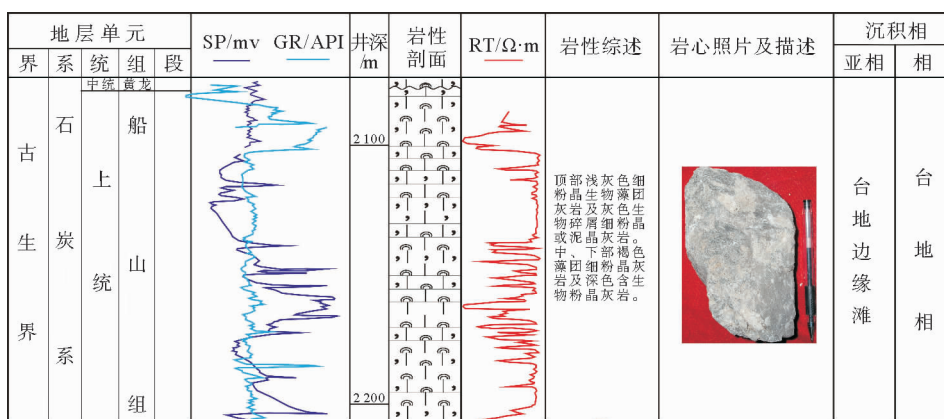


图 4 CZ12-1-1 井石炭系船山组礁滩相储层

Fig. 4 Carboniferous reef facies reservoir of Chuanshan Formation from Well CZ12-1-1

2.3 风化壳储层

四川盆地上震旦统灯影组^[16, 17]、二叠系^[18]和三叠系^[19, 20]地层都见到风化壳,四川盆地古岩溶储层表现为高自然伽马特征,由于下二叠统茅口组上覆龙潭组为沼泽相沉积,煤系和泥质比较发育,在茅口组岩溶孔洞中常常充填煤块、泥质及岩溶角砾,其中富含反射性物质,因此表现为高自然伽马。例如咸阳 17 井二叠系茅口组古岩溶风化壳岩心上表现为岩溶角砾和泥质混杂堆积,测井曲线上表现为高自然伽马、低电阻率、中—高声波时差和井径增大的典型溶洞响应特征^[18](图 5)。下扬子地区三叠系沉积后,曾多次裸露地表,岩层遭受剥蚀和膏盐的溶解淋滤形成岩溶地貌和岩溶堆积物,露头地表中溶孔、溶坑、溶沟、石芽、溶丘等广泛分布,南京灵山采石场青龙组发现存在大型的风化壳溶洞^[21]。

南黄海钻遇了 2 套风化壳,分别为印支面风化壳和海西面风化壳,印支面风化壳在所有钻遇中—古生界地层的 6 口井都存在,其中 CZ35-2-1 井和 CZ12-1-1 井特别发育,泥浆漏失严重。

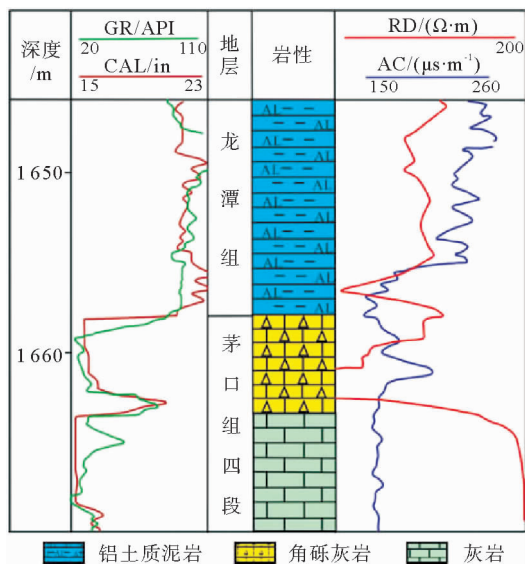


图 5 咸阳 17 井茅口组古岩溶风化壳测井响应(据文献^[18])

Fig. 5 Logging curve of paleo-karst weathering crust of Maokou Formation from Well Xianyang 17 (from reference ^[18])

CZ35-2-1 井钻遇海西面风化壳,只发育地表

岩溶带和潜流带,缺渗流岩溶带。风化壳基岩为泥灰岩,溶洞中充填泥岩、炭质泥岩段,局部夹小砾岩。测井曲线遇到风化壳界面并径曲线出现异常的尖脉冲,高自然伽玛和低电阻率的测井曲线响应(图 6a)。

CZ35-2-1 井印支面风化壳岩性为灰白色、浅灰—灰色灰岩,局部为黄褐色、灰黄色及橄榄灰色,细晶—微晶结构,致密,中硬—硬,灰白色灰岩风化严重,易碎成粉末,原岩为黄褐色和灰色,局部见方解石脉。风化壳分 3 个带:① 地表岩溶带,分布于 1 185.5~1 200 m,溶沟、溶缝发育,声

波时差为振幅逐渐减小的正弦曲线(图 6b),地表岩溶带内地表残积物、塌积物如角砾、砂泥质等充填物发育,只有部分孔洞缝保存下来成为优质储层;② 渗流岩溶带,分布于 1 200~1 305 m,地下水主要沿裂缝向下流动,裂缝带声波时差为振幅尖脉冲。由于古岩溶作用受多种因素制约,渗流带的溶蚀强度不一,因而,岩溶储集体在渗流带表现出非常强烈的非均质性,只有 1 245~1 265 m 层段存在尖脉冲形声波,储层比较发育;③ 潜流岩溶带,分布于 1 305~1 330.54 m,其中 1 326.89~1 330.54 m 段钻遇溶洞,钻具放空。

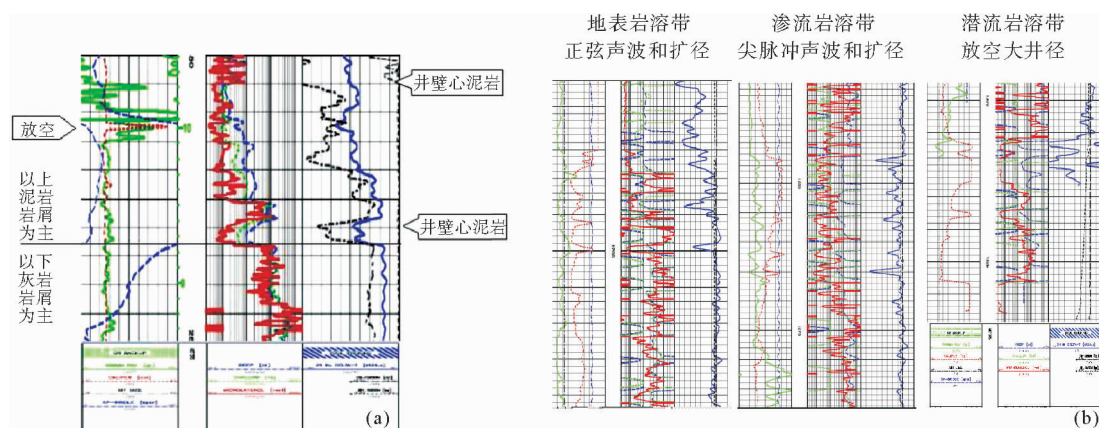


图 6 CZ35-2-1 井海西面(a)和印支面(b)风化壳测井响应(据文献[9])

Fig. 6 Logging response at Haixi interface (a) and Indosinian interface (b), from Well CZ35-2-1 (from reference [9])

2.4 裂隙储层

上扬子威远气田的主要储层为上震旦统灯影组,为局限台地浅滩环境沉积的潮坪相沉积,隐藻白云岩后生孔洞缝发育,其中有 4 个产气层由于断层切割,在纵向上是互相连通的,具有统一的水动力系统,属背斜圈闭内底水活跃的孔缝型气藏,储层类型以孔洞缝发育为主的产气层。

苏北地区海相碳酸盐岩次生裂隙、溶隙相当发育,钻井过程多见放空、泥浆漏失、井涌、井喷等现象,主要由于构造成因裂隙和成岩差异压实作用产生的裂隙,裂隙的发育改善了岩石的原生孔渗性能,使低孔、低渗的碳酸盐岩转化为有效的碳酸盐储集岩。根据测井资料计算结果,N11 井岩石裂缝孔隙度(1 008.2~1 899.6 m 井段)平均为 5%,N12 井为 2%,裂缝孔隙度虽小,但储集能力很强,1%裂缝孔隙度相当于 5%~8%原生孔隙

度的储集能力。N5 井岩心观察,井深 1 376.69~1 376.99 m,三叠系青龙组碳酸盐岩中裂隙较为发育,裂隙斜交地层,倾角约 70°,从阴极发光图中得出溶蚀孔、洞非常发育,在电镜扫描图下裂缝较为发育,且裂缝未被充填(图 7)。南黄海地区钻井无钻遇,但陆上裂隙储层发育,预测南黄海地区裂隙为潜在储层。



图 7 N5 井三叠系青龙组碳酸盐岩裂隙发育岩心照片

Fig. 7 Carbonate fractures of Triassic Qinglong Formation from Well N5

3 成藏模式

根据前人对南黄海地区海相中—古生界生储盖的研究预测,该区存在威远式、安岳式、五百梯式和普光式 4 种气藏成藏模式。

威远式气藏以下寒武统幕府山组为烃源岩,上震旦统灯影组为储集层,下寒武统为区域性盖层。下扬子下寒武统幕府山组层位稳定,岩性为暗色页岩、黑色炭质页岩、硅质页岩、黑色粉砂质页岩,广泛发育于扬子、南秦岭的次深海、深海沉积区,厚度一般 100~300 m,有机碳一般均 >1% (图 8),母质类型以 I 型干酪根为主,少量 II 型干酪根,大部分进入成熟阶段,部分进入变质阶段,可作为好烃源岩,陆上沉积中心在皖南和南京幕府山地区,由此可以推测南黄海地区烟台坳陷生烃条件比青岛坳陷好。下扬子北缘上震旦统灯影组为局限台地相、台地边缘斜坡相及潮坪—潟湖相沉积,储集层分布稳定,可为 II—III 类储层,局部地区为 I 类储集层。南黄海海域钻井虽未钻遇震旦系,但根据区域地质背景和地震解释资料,分析预测,南黄海海域发育震旦系,且沉积特征与陆区具有一定的相似性,同样发育台地沉积,并且以白云岩为主要储层,储集空间有晶间孔、粒间孔、藻架孔等,并且预测崂山隆起分布着水体较浅的 I 类白云岩储层,烟台坳陷的北部存在水体相对较深的灰质白云岩沉积区为 II 类储层,而青岛坳陷南部沉积水体较深的灰岩主要发育裂隙和溶隙,为 III 类储层。下寒武统为一套大陆边缘盆地及斜坡相区沉积的泥质岩,包括具有生烃能力的暗色泥岩和不具生烃能力的灰色泥岩、钙质泥岩

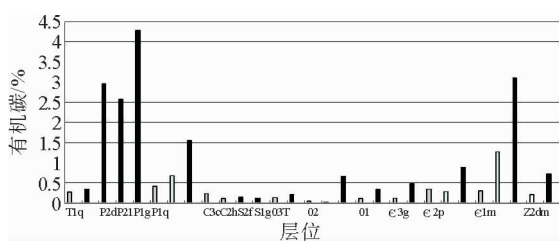


图 8 黄桥—淮阜地区中—古生界
烃源岩有机碳分布直方图

Fig. 8 Distribution of organic carbon in Mesozoic-Palaeozoic hydrocarbon source rocks in the Huangqiao-Huafu Region

和少许硅质泥岩,分布范围广泛,厚度 50~700 m,下寒武统地层压力较大,为 14.2~21.1 MPa,可作为浓度封闭的盖层。

安岳式气藏以下寒武统为烃源岩,中、上寒武统和下奥陶统为储集层,下志留统为盖层。根据以上分析,南黄海下寒武统幕府山组为好烃源岩,主要集中在盆地相,其次为陆棚相。崂山隆起南部和青岛坳陷主要为盆地相沉积,崂山隆起北部、烟台坳陷为陆棚相沉积。南黄海中、上寒武统发育的陆棚相沉积具交代白云岩储层和滩相储层 2 种类型。白云岩储层岩性以残余颗粒白云岩为主,其中粉—中晶白云岩为中孔低渗储集层,孔隙度为 2%~4.9%,渗透率为 0.14~5.27 mD,孔隙类型以晶间溶孔、晶间孔和不规则溶孔为主。细粉晶白云岩为低孔低渗差储层,孔隙度为 0.5%~1.3%,渗透率为 0.03~3.95 mD,孔隙以晶间孔缝和不规则溶孔为主。南黄海下奥陶统仑山组发育边缘滩相沉积,岩性以砂屑、生物屑、核形石为主,含少量鲕粒;红花园组发育台地边缘浅滩,岩性以砂屑、生物屑和藻团块为主,偶见少量变形鲕粒灰岩。下志留统高家边组为盆地—陆棚相沉积的均质盖层,泥岩厚度大,最厚可达 1 400 m,分布稳定,根据陆上苏北地区盖层参数分析表明,下志留统泥岩具有较好的封闭性能,由钻井资料分析岩石密度为 2.71~2.88 g/cm³,地层压力 >12 MPa,最大达 85.9 MPa。

五百梯式气藏以下志留统为烃源岩,石炭系为储层,上二叠统为盖层。根据下志留统高家边组陆上 N4 井,有机质丰度为 0.54%~2.67%,有机质类型为 II 型,热演化程度为高成熟—过成熟阶段,为较好烃源岩 (表 1)。下扬子陆区烃源岩条件是皖南>苏北>苏南,南黄海地区下志留统地层分布广,厚度大,根据海陆对比,烟台坳陷的烃源岩条件要比青岛坳陷好。石炭系为一套局限台地相的白云岩、灰质白云岩、云质灰岩和颗粒灰岩,储集岩厚度一般 30~60 m,局部厚 100 m,储集物性一般较差,苏北钻井岩心测得的孔隙度平均为 1.396%。根据南黄海 CZ12-1-1 井钻遇石炭系船山组和进行海陆对比的情况,崂山隆起和青岛坳陷具开阔台地沉积相,富含生物碎屑滩相储层,物性条件较好,以晶洞裂隙型、溶蚀孔洞型为储集空间,属 I 类储层;烟台坳陷发育局限台地及台地滨岸的

表 1 N4 井下志留统高家边组暗色泥岩有机质含量

Table 1 Organic matter content of dark mudstone in Lower Silurian Gaojiabian Formation of N4 well

井深/m	岩性	有机碳/%	氯仿沥青“A”/($\times 10^{-6}$)	烃含量/($\times 10^{-6}$)	(总烃/有机碳)/%
3 809~3 812	浅灰泥岩	0.54	2 120	1 083	20.06
3 880~3 883	浅灰泥岩	1.63	12 950	5 312	32.59
3 910~3 912	浅灰泥岩	0.95	7 450	4 096	43.12
3 980~3 982	浅灰泥岩	1.17	9 010	5 316	45.44
4 205~4 212	灰黑泥岩	2.67	9 150		
4 306~4 306	黑灰、灰黑泥岩	1.8	30		

沉积相,以生物屑灰岩和砂岩储层,属Ⅱ类储层。上二叠统可为区域性盖层,CZ35-2-1 井揭示龙潭一大隆组泥岩厚约 385 m,由该井计算的地层压力为 18~25 MPa,说明为区域性较好的盖层。

普光式油气藏上二叠统为烃源岩,下三叠统青龙组灰岩为储层,中生界为盖层。上二叠统龙潭组岩性为黑色泥岩,15 块样品的 TOC 范围为 0.75%~5.43%,平均 1.704%,为Ⅲ型干酪根。CZ35-2-1 井 16 块样品的 Ro 范围为 1.8%~2.3%,平均为 2.2%; S_1+S_2 范围为 0.89%~7.79%,平均为 3.093 mg/g;氯仿沥青“A”平均为 0.3%,热解烃指数范围为 70.53~411.18,平均为 148.25;烃源岩综合评价为过成熟好烃源岩。大隆组岩性为黑色泥岩,6 块样品的 TOC 范围为 0.92%~3.48%,为Ⅱ—Ⅲ型干酪根。CZ35-2-1 井 2 块样品的 Ro 范围为 1.5%~

1.7%,平均 1.6%; S_1+S_2 范围为 1.29~3.42 mg/g,平均 2.71 mg/g;氯仿沥青“A”含量平均为 0.2%;热解烃指数为 78.14~142.62,平均为 107.28;烃源岩综合评价为高成熟好烃源岩(表 2)。下三叠统青龙组灰岩为局限台地、开阔台地、台地边缘滩、台内礁等碳酸盐岩缓坡相,下扬子陆区在句容、黄桥等地大部分钻井普遍见到下三叠统青龙组灰岩的油气显示。南黄海 CZ35-2-1、CZ24-1-1 和 WX5-ST1 井都钻到下三叠统,岩性为灰色薄—中薄层纯灰岩夹中厚层灰岩,泥岩及少量白云岩。Ⅰ类有利储集层分布在 CZ24-1-1 井区发育台地相富生物碎屑的浅滩相、古岩溶储集物性好,Ⅱ类有利储集层分布在 CZ35-2-1 井和 WX5-ST1 井一线的开阔台地及青岛坳陷的局限台地,主要发育古岩溶、溶蚀孔洞,局部发育白云岩储层。盖层为中生界地层。

表 2 CZ35-2-1 井二叠系烃源岩评价(据文献[22])

Table 2 Evaluation of Permian hydrocarbon source rock for Well CZ35-2-1 (from reference [22])

地层系统			岩性	有机质丰度			母质类型		成熟度	烃源岩评价
界	系	组		有机碳/%	S_1+S_2 /(mg/g)	“A”/%	TOC/mg/g	干酪根		
古生界	二叠系	大隆组	黑色泥岩	$\frac{2.08(6)}{0.92\sim 3.48}$	$\frac{2.71(6)}{1.29\sim 3.42}$	$\frac{0.22(6)}{0.12\sim 0.33}$	$\frac{107.28(6)}{7.14\sim 142.62}$	Ⅱ—Ⅲ	1.6(2)	高成熟—好气源岩
		2 077~2 192								
	三叠系	龙潭组	黑色泥岩	$\frac{3.09(15)}{0.89\sim 7.79}$	$\frac{3.09(15)}{0.89\sim 7.79}$	$\frac{0.3(15)}{0.09\sim 0.76}$	$\frac{148.25(15)}{70.53\sim 411.18}$	Ⅲ	2.2(16)	过成熟—好气源岩
		2 192~2 471								

注: $\frac{2.08(6)}{0.92\sim 3.48}=\frac{\text{平均值(样品数)}}{\text{范围值}}$

4 结论

(1)南黄海海相中—古生界储层主要发育在碳酸盐岩,储集层发育较好的层位有震旦系灯影组白云岩,中、上寒武统白云岩,下奥陶灰岩,中、上石炭统碳酸盐岩,下三叠统栖霞组灰岩和下三叠统青龙组灰岩。

(2)对比陆上四川盆地和苏北盆地,南黄海有4种储层类型,分别为白云岩孔隙储层、礁滩相储层、风化壳储层和裂隙储层。由四川安岳震旦系—寒武系特大型气田的发现推测,南黄海地区震旦—寒武系白云岩储层为该区的重点储层目标,石炭系和三叠系的礁滩相储层也相当发育,当以白云岩为主的礁滩相发育,且地层为常压的物性好。风化壳储层和裂隙储层为次要研究储层。

(3)南黄海海相中—古生界存在4种成藏模式,分别为威远式、安岳式、五百梯式和普光式。崂山隆起具备全区域性威远式、安岳式气藏模式,局部有五百梯和普光式油气藏模式,因此,崂山隆起为该区勘探的重点目标。

参考文献:

- [1] 张抗. 中国海上油气形势及展望[J]. 海洋石油, 2013, 33(3): 1-7.
- [2] 姚永坚, 冯志强, 郝天珧, 等. 对南黄海盆地构造层特征及含油气性的新认识[J]. 地学前缘, 2008, 15(6): 232-240.
- [3] Lehrmann D J, Minzoni M, Enos P, 等. 扬子地台与华南南盘江盆地大贵州滩三叠系沉积演化史(英文)[J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(4): 344-367.
- [4] 万天丰, 朱鸿, 赵磊, 等. 郯庐断裂带的形成与演化: 综述[J]. 现代地质, 1996, 10(2): 159-168.
- [5] 张宗言, 何卫红, 韦一, 等. 下扬子中生代沉积盆地演化[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2014, 39(8): 1017-1034.
- [6] 吴淑玉, 刘俊, 肖国林, 等. 地震多属性预测技术在南海二叠系至三叠系沉积分析中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(5): 109-116.
- [7] 王兴志, 穆曙光, 方少仙, 等. 四川盆地西南部震旦系白云岩成岩过程中的孔隙演化[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 549-554.
- [8] 刘树根, 马永生, 黄文明, 等. 四川盆地上震旦统灯影组储集层致密化过程研究[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 485-496.
- [9] 梁杰, 张银国, 董刚, 等. 南黄海海相中—古生界储集条件分析与预测[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(5): 101-108.
- [10] 邹才能, 徐春春, 汪泽成, 等. 四川盆地台缘带礁滩大气区地质特征与形成条件[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6): 641-651.
- [11] 黄福喜, 杨涛, 闫伟鹏, 等. 四川盆地龙岗与元坝地区礁滩成藏对比分析[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(3): 12-20.
- [12] 黄仁春. 四川盆地二叠纪—三叠纪开江—梁平陆棚形成演化与礁滩发育[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2014, 41(4): 452-457.
- [13] 赵文智, 沈安江, 周进高, 等. 礁滩储集层类型、特征、成因及勘探意义——以塔里木和四川盆地为例[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3): 257-267.
- [14] 张兵, 郑荣才, 史建南, 等. 四川盆地东部长兴组礁滩相储层测井地质特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(S1): 17-25.
- [15] 寇雪玲. 四川盆地普光气田三叠系飞仙关组储层特征[J]. 天然气勘探与开发, 2011, 34(4): 9-12.
- [16] 罗贝维, 贾承造, 魏国齐, 等. 四川盆地上震旦统灯影组风化壳岩溶特征及模式分析[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2015, 39(3): 8-19.
- [17] 汤济广, 胡望水, 李伟, 等. 古地貌与不整合动态结合预测风化壳岩溶储集层分布——以四川盆地乐山—龙女寺古隆起灯影组为例[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(6): 674-681.
- [18] 江青春, 胡素云, 汪泽成, 等. 四川盆地茅口组风化壳岩溶古地貌及勘探选区[J]. 石油学报, 2012, 33(6): 949-960.
- [19] 张奇, 文龙, 徐亮, 等. 四川盆地二、三叠系碳酸盐岩大气田类型及其成藏规律[J]. 天然气工业, 2012, 32(1): 33-38.
- [20] 杨光, 石学文, 黄东, 等. 四川盆地龙岗气田雷四3亚段风化壳气藏特征及其主控因素[J]. 天然气工业, 2014, 34(9): 17-24.
- [21] 梁杰. 构造作用对南黄海盆地三叠系青龙组储层的影响[J]. 海洋地质前沿, 2014, 30(10): 57-61.
- [22] 黄保家, 施荣富, 赵幸滨, 等. 下扬子皖南地区古生界页岩气形成条件及勘探潜力评价[J]. 煤炭学报, 2013, 38(5): 877-882.

CHARACTERISTICS OF MESOZOIC-PALAEOZOIC MARINE CARBONATE RESERVOIR IN THE SOUTH YELLOW SEA BASIN AND HYDROCARBON ACCUMULATION: COMPARISON BETWEEN THE SICHUAN BASIN AND THE SUBEI BASIN

WU Shuyu^{1,2,3}, CHEN Jianwen^{1,2,3}, LIANG Jie^{1,2,3}, LIU Jun^{1,2,3,4},
ZHANG Yinguo^{1,2,3}, YUAN Yong^{1,2,3}

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology, Ministry of Land and Resource, Qingdao 266071, China,

2 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China,

3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China;

4 Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Comparison of drilling, logging, core and outcrop data is made for the Mesozoic and Paleozoic carbonate reservoir in the Sichuan Basin, Subei Basin and the South Yellow Sea Basin, in order to reveal the similarities and differences of hydrocarbon accumulation in these basins. There are four kinds of reservoirs in this region, i. e. the porous dolomitic reservoir, reef—bank reservoir, weathering crust reservoir and fractured reservoir, and four kinds of hydrocarbon accumulation, namely the Weiyuan type, the Anyue type, the Wubaiti type and the Puguang type. It is predicted that the four types of hydrocarbon accumulation may all occur on the Laoshan Uplift of the South Yellow Sea Basin.

Key words: South Yellow Sea Basin; marine Mesozoic-Palaeozoic; carbonatite; reservoir; hydrocarbon accumulation

关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部

2013 年 1 月 10 日