

南海北部边缘东部海域中生界及油气勘探意义

邱 燕, 温 宁

(中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘要 :华南大陆南缘和台湾地区发育的中生代海相地层揭示,该区晚三叠世—白垩纪时曾遭受2次海侵。从海水入侵方向分析,南海北缘东部的海区也相应地发育2套中生代海相沉积岩系。地震资料和钻井资料证实,本区珠江口盆地潮汕坳陷和台西南盆地发育巨厚的中生界,上三叠统一下侏罗统以暗色页岩为主,代表水体宽阔、环境稳定的深海相沉积;下白垩统岩性以砂页岩为主,代表环境变化较大的浅海相和海陆过渡相沉积。上三叠统一下侏罗统与下白垩统之间为角度不整合接触。该区中生代地层具有优越的生、储、盖组合和构造圈闭条件以及油气生成、聚集和保存条件,油气资源前景良好。

关键词 :南海北部边缘东部海域;中生界;油气勘探前景

中图分类号 :P534.5;P618.13

文献标识码 :A

文章编号 :1671-2552(2004)02-0142-05

中国海上油气勘探始于1957年^[1]。截止目前,海域新生界油气勘探已获得可喜的成绩。但是与许多沿海国家所开展的油气勘探工作相比,中国海洋油气资源勘探仅处于开发的初期阶段,海域前新生界的勘探不尽人意。尽管中国近海前新生代地层广泛发育,海域的油气勘探有多口探井钻遇前新生界,但是由于勘探程度的限制,迄今为止仅在海域前新生界发现少量油气田。以前第三系地层为靶区的勘探尚未列为重点^[1]。随着石油勘探技术的进步以及社会经济发展对能源需求的增长,勘探海域前新生代地层已成为必然趋势。初步勘探成果表明,中国南海北部边缘东部海域发育巨厚的中生代地层,是重要的油气勘探新领域。

1 区域地层概况

本文所指的南海北部边缘东部海域,北接华南大陆南缘,南跨陆坡深水区并紧邻发育在深海盆的笔架南盆地,东与台湾岛相邻,西以神弧—统隆起和西沙海槽盆地为界(图1)。该区分布有珠江口盆地、台西南盆地、尖峰北盆地等,北东走向的澎湖—东沙隆起为该区正向构造单元,潮汕坳陷是珠江口盆地中的次级负向单元。区域地质资料表明,晚

三叠世—白垩纪华南大陆南缘发生了2次海侵,第一次是晚三叠世至早侏罗世,第二次是早白垩世,导致本区发育2套中生代海相沉积岩系。

闽粤桂沿海地层分布表明,晚三叠世—早侏罗世时,海水淹没了广东大部分地区(包括香港),并经湖南南部及中部往东进入江西西部,在这一带形成一个舌形海湾。该区上三叠统与下侏罗统为连续的海相沉积,广东称之为金鸡组或蓝塘群,均为海相中粒至细粒碎屑岩^[2]。晚三叠世地层含有海相双壳类、半咸水叶肢介及植物等生物化石;早侏罗世地层由中厚层石英砂岩、粉砂岩、泥页岩组成,地层厚度巨大(4000~6000 m),富含海相双壳类及菊石化石。对蓝塘群的岩相古地理分析表明,早侏罗世海侵来自南和东南方向^[3]。故推测南海北部边缘东部和东南部地区也遭受到广泛的海侵。

中—晚侏罗世海水退出华南大陆,沿海地区的地层大部分为早侏罗世继承性盆地沉积,主要是一套陆相的杂色细碎屑岩建造,分布在闽西、粤南一带^[3]。

早白垩世时期,尽管华南大陆南缘以陆相火山沉积建造为主,但钻探资料证实台湾北港隆起、台西南盆地一带发育海相和海陆交互的下白垩统。在

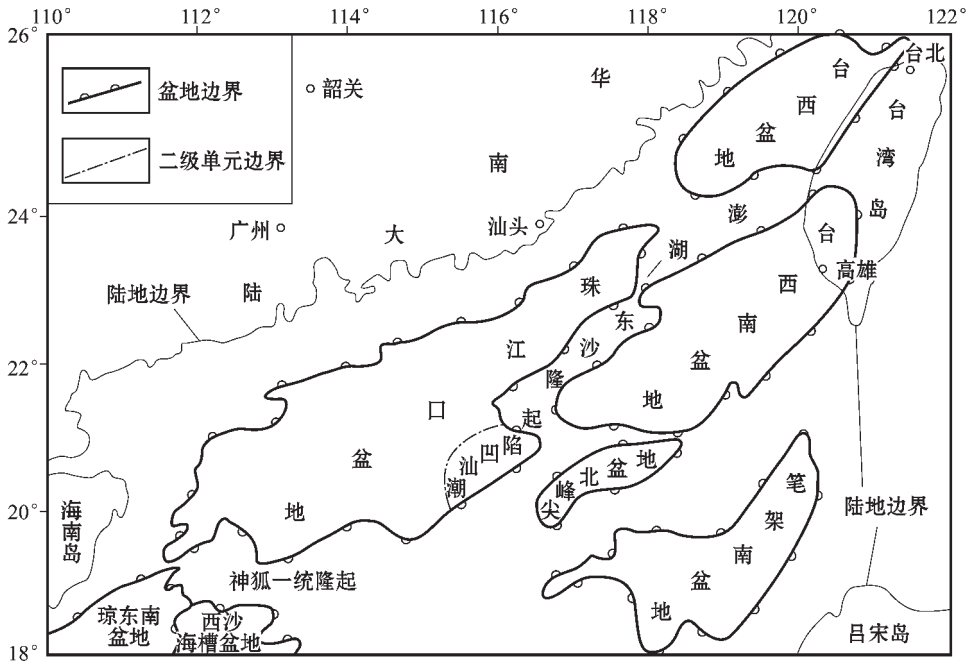


图1 南海北部边缘东部海域盆地分布图

Fig. 1 Distribution of basins in the eastern sea area of the northern margin of the South China Sea

广东大鹏湾的平洲岛、赤洲岛亦见泻湖相下白垩统出露^[2]。台湾西部北港隆起区的部分钻井揭示,北港隆起区白垩纪地层为长石砂岩、硬砂岩、页岩夹结晶灰岩、鲕状灰岩、白云质泥灰岩、酸性熔岩,页岩局部富含炭质碎屑。含白垩纪瓣鳃类和菊石化石及3个超微化石带。已揭示的最大厚度可达959 m,其上被古新统至上新统不整合覆盖^[3],为海陆过渡相沉积环境;发育结晶灰岩、鲕状灰岩的层段为浅海环境。可见早白垩世时期南海北部陆缘发生了第二次海侵。当然,与晚三叠世—早侏罗世时期相比,本次海侵范围大大减小。由于海水入侵方向亦来自南和东南,因此南海北缘东部和东南部地区同样受到此次海侵的影响。

2 中生代地层特征

目前在南海北缘东部海域发现中生代地层的有珠江口盆地潮汕坳陷和台西南盆地(图2)。迄今为止虽然没有在潮汕坳陷实施钻探,但是可利用地震勘探资料进行研究。台湾中油公司多年来在台西南盆地开展石油勘探活动,至少有十几口井在该盆地钻遇中生界,可利用这些资料以及邻区资料研究该

区中生界的发育特征。

2.1 潮汕坳陷中生界地震反射特征

潮汕坳陷面积约为8000 km²,沉积层最大厚度超过7000 m。前已述及,华南大陆南缘和台湾地区均发育中生代海相地层。从海水入侵方向分析,潮汕坳陷中生代地层应为海相沉积。如图2所示,潮汕坳陷新生界地震反射连续,厚度薄,其底界为振幅强、连续性好的强反射界面,地震层序分析将其命名为T_g不整合面。以T_g界面为界,可以划分上、下2个一级构造层序。上构造层为新生界,下构造层属于中生界。中生界与新生界呈明显的角度不整合接触,其顶部遭强烈剥蚀现象明显(图2)。剖面解释认为,中生界沉积厚度大,地层最大残余厚度约5000 m,褶曲和断裂发育,各层序间密度差相对较小,地震反射界面波阻抗小,反射信号较弱^[4]。

地震剖面显示T_g界面之下的中生界构造层自下而上可以划分为2个层序:下层序底界不清楚,反射特征为中频、中振幅、连续性好,平行与亚平行反射,反射丰度偏低,阻抗值偏低,层速度大于5000 m/s^[5],连续性好的平行反射表明地层沉积时水体宽阔、环境稳定,代表沉积物较细粒的海相沉积;

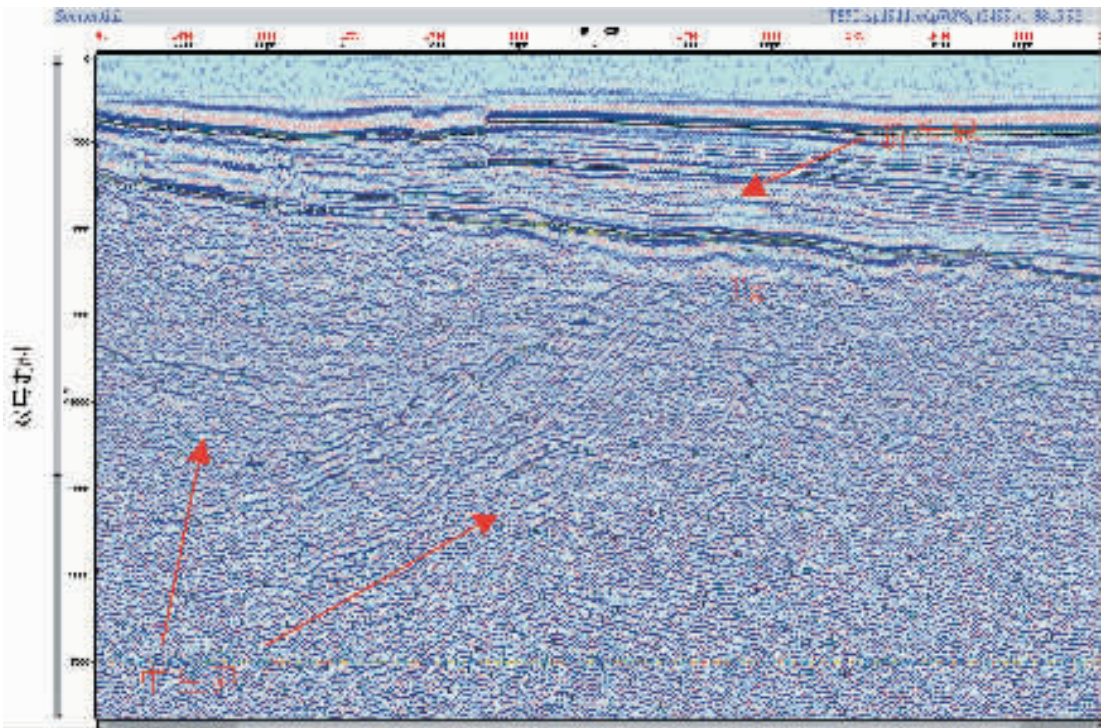


图2 珠江口盆地潮汕坳陷地震剖面

Fig. 2 Seismic profile of the Chaoshan depression in the Zhujiangkou (Pearl River mouth) basin

上层序地震反射波形特征为低频、强振幅、中等连续反射,反射丰度偏低,但横向变化大,2个平行层之间见斜坡叠瓦状反射结构,层速度为4000 m/s左右^[5],代表环境变化较大的地层沉积,为浅海相和海陆过渡相沉积环境。利用台西南盆地的钻井资料推测,下层序、上层序分别为侏罗系和下白垩统。地震资料解释发现,潮汕坳陷中北部以及东沙隆起的南坡发育NE向的大型逆冲-褶皱构造,表明潮汕坳陷形成后经历了区域性的挤压作用。

2.2 台西南盆地中生代地层特征

在南海北缘东部发现中生代地层的还有台西南盆地。台湾称台西南盆地为“台南盆地”,盆地北界为NE-SW向的澎湖-东沙隆起。尽管台湾中油公司在该盆地有多口钻井,但有关的钻井资料却发表很少,现将所收集到的资料综述如下。

台西南盆地多口钻井钻遇含早白垩世孢子及花粉的下白垩统,其岩性为页岩夹粉砂岩及细粒砂岩^[6]。CET-1井3700.7~3722.3 m和CEP-1井1717~2942 m井段孢粉鉴定见白垩纪标准化石*Classopollis*和*Cicatricosisporites*^[7]。F构造上的CFC-1并于3252~3550 m的井段钻遇厚300 m的下白垩统,含孢粉化石

和海相钙质超微化石,与上覆渐新统砂岩呈不整合接触;其下3350~3917 m(完钻深度)井段为厚达367 m的暗色页岩,未见化石,与上覆下白垩统呈角度不整合接触,推测为侏罗系^[8]。中央隆起区其他13口钻井也钻遇这2套地层,倾角测井显示下白垩统倾角变化大且倾向杂乱,厚度变化为几十米至500余米,揭示该地层沉积时环境变化较大,而倾角测井显示侏罗纪暗色页岩层具一致的NW向倾向^[9],显然为水体较深、环境稳定的深海相沉积。

总而言之,台西南盆地中生界主要发育下白垩统和侏罗系2套海相与海陆交互沉积地层,下白垩统岩性以砂页岩为主,侏罗系以暗色页岩为主,二者之间为角度不整合。此外中生界与新生界之间缺失上白垩统。

3 石油地质条件分析

本区的油气勘探处于初级阶段,无法获取潮汕坳陷等区的岩性资料进行含烃量等数据的测算,但可以利用粤东、粤北等地出露的中生代地层资料、台湾西部和台西南盆地等邻区探井所获得的中生代地层油气资料,综合分析中生界石油地质条件,当然地

震剖面仍然是有效的研究资料。

3.1 生油岩

苏乃容等^[5]曾对粤东、粤北的上三叠统小平组、下侏罗统金鸡组海相泥岩和上白垩统叶塘组陆相膏盐夹泥岩进行取样分析。分析结果表明,3套地层的样品都含规则甾烷, C_{27} 甾烷含量占41%~60%,暗示地层中的生物源以浮游生物为主,沉积环境均为半咸水—咸水还原环境。有资料表明,台西南盆地钻遇的侏罗系烃源岩干酪根类型为Ⅲ型,有机碳值0.59%~1.78%, R_0 值为0.68%~1.38%;下白垩统为滨海相沉积烃源岩,干酪根也为Ⅲ型,有机碳含量0.65%~0.95%,其中的泥岩有机碳高达2.45%以上, R_0 值多在0.6%~1.0%之间。据报道,台西南盆地CGA-1、CEJ-1等井中的白垩系有机质丰度为良好级,CFC-3井有机碳最高达1.13%;北港隆起上的PK-3、GH-1井下白垩统有机碳含量也高达1.0%^[2]。上述数据均表明华南沿海台西南盆地的中生界具有良好的生烃能力。潮汕坳陷处于相同的沉积环境,也应具有良好的生烃能力。从区域沉积环境推测,潮汕坳陷深水沉积环境范围更广,厚度更大,生油岩更为发育,而且处于长期的还原环境中,与粤北海相烃源岩相比,其生烃条件应更为优越。也就是说,台西南盆地和珠江口盆地潮汕坳陷均发育有良好的生油岩。

3.2 油气生成条件

利用潮汕坳陷地震剖面进行热演化史分析^[4],结果表明,潮汕坳陷侏罗系烃源岩于100 Ma(顶部埋深约2700 m)完全进入生烃窗,大部分地层于125~80 Ma进入生烃高峰期,目前其底部达过成熟阶段。下白垩统大部分地层的烃源岩于20 Ma进入生烃窗,现仍处于生烃高峰期,底部地层则达过成熟阶段。

3.3 储集岩

台西南盆地CFC-2井钻穿440 m厚的下白垩统,岩性为砂泥岩间互层,砂岩单层厚度最大22 m,最小3 m,其中砂岩占53%,泥岩47%。经测试,3220 m、3300 m和3500 m处岩心孔隙度分别为6.3%~19.3%、6.7%~11.3%和4.8%~10.7%,渗透率分别为0.1~48、0.1~5.5和0.1~0.2 mD^[2],是良好的储集岩。粤东、粤北等地下侏罗统金鸡群为海相碎屑岩,岩性为深灰—灰黑色泥岩、泥质粉砂岩夹灰白色细粒石英砂岩,厚度大于2000 m。中侏罗统漳平群岩性以凝灰质粉

砂岩、砂岩、砂砾岩为主,夹凝灰质粉砂岩及凝灰质泥岩,厚度大于2000 m^[5]。因此下、中侏罗统砂岩也是潜在的储集岩。

3.4 圈闭条件

地震资料解释发现,潮汕坳陷中北部以及东沙隆起的南坡发育NE向的大型逆冲—褶皱构造,表明潮汕坳陷形成后经历了区域性的挤压作用,由此所形成的变形褶皱和断层可以形成有利的圈闭。

3.5 生储盖组合分析

前已述及,本区中生界沉积环境为海相和海陆交互相,深水海相泥、页岩与滨、浅海相砂岩、粉砂岩和海陆过渡相碎屑岩发育,因此沉积旋回特征明显,可构成完整的生储盖组合。地震剖面显示本区中生代地层之上均叠加了新生代沉积层。勘探实践已证实,南海北部陆源区古近系是重要的生油层,主要烃源岩为古近系文昌组和恩平组的暗色泥岩^[10]。总之,该区中生界乃至古近系都易形成自生自储、新生古储和古生新储的油气藏。

4 油气勘探意义

就全球油气地质分布状况来看,世界63%的石油和65%的天然气分布在中生代地层中(哈尔布特等,1969),而海相地层占优势的沉积盆地往往发育大型油气田(Hedberg,1968),如波斯湾地区。前已述及,南海北缘东部海域巨厚的中生界发育2套海相沉积层系,石油地质条件分析表明,该区具有优越的生、储、盖组合和有机质聚集、保存、转化为石油的条件,台西南盆地CFC-1井钻获天然气 $70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,并获得少量凝析油^[8]。种种证据表明潮汕坳陷和台西南盆地具有良好的油气勘探前景。

从地理位置来看,本区位于南海北缘,通俗地说,是位于家门口的有利地区。与勘探南海南部含油气盆地的活动相比较,本区油气的勘探和开发条件更为优越。从本区的地质构造发育特征推测,南海北部海域发育中生界的地区不仅仅局限于潮汕坳陷和台西南盆地,随着勘探活动的深入,再往南部极有可能发现更大范围的中生代地层分布区,可见南海北部边缘东和东南海域中生界的油气勘探意义重大。因此可以预言,随着勘探活动的进一步深入,南海北部边缘东部海域将成为最现实的油气有利勘探目标。

参考文献:

- [1]朱伟林,王国纯.中国近海前新生代油气勘探新领域探索[J].地学前缘,2000,7(3):215~226.
- [2]黄汲青,陈炳蔚.中国及邻区特提斯海的演化[M].北京:地质出版社,1987.41~42.
- [3]都洵,张永康.东南区区域地层(30)[M].武汉:中国地质大学出版社,1998.
- [4]郝沪军,林鹤鸣,杨梦雄,等.潮汕拗陷——中生界油气勘探的新领域[J].中国海上油气(地质),2001,15(3):157~163.
- [5]苏乃容,曾麟,李平鲁.珠江口盆地东部中生代凹陷地质特征[J].中国海上油气(地质),1995,9(4):229~236.
- [6]俞何兴,陈汝勤.台湾海域之沉积盆地[M].台北:台湾大学海洋研究所,渤海堂文化公司发行,1994.
- [7]Shaw C L, Huang T C. Palynological biostratigraphy of the Cretaceous sediments in Taiwan[J]. Petrol. Geol. Taiwan, 1996, 30: 31~50.
- [8]台湾石油通讯编辑部.台西南盆地油气勘探概况及新概念[J].台湾石油通讯,1992,9(2):100~105.
- [9]支家生,鞠天吟.台湾石油地质[M].《台湾石油地质》(上),上海海洋地质调查局情报资料室,1987.
- [10]刘铁树,何仕斌.南海北部陆缘盆地深水油气勘探前景[J].中国海上油气(地质),2001,15(3):165~170.

Mesozoic in the eastern sea area of the northern margin of the South China Sea and its significance for oil/gas exploration

QIU Yan, WEN Ning

(Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China)

Abstract: Mesozoic marine strata developed on the southern margin of the South China continent and the Taiwan area reveal that two marine invasions occurred in this region from the Late Triassic to Cretaceous. From an analysis of the direction of seawater invasion, correspondingly there must be two sequences of Mesozoic marine sediments in the eastern sea area of the northern edge of the South China Sea because the region was the passageway of the transgression. According to the seismic and drilling data, very thick marine Mesozoic strata are developed in the Chaoshan depression of the Zhujiangkou (Pearl River mouth) basin and the Taixinan (southwestern Taiwan) basin in the study region and may be divided into the Upper Triassic-Lower Jurassic and Lower Cretaceous. The former consists dominantly of dark-colored shale, belonging to abyssal sediments deposited in the wide waters and stable environment; whereas the latter, sandstone-shale, representing neritic and paralic sediment deposited in the highly varied environment. The contact between the Upper Triassic-Lower Jurassic and Lower Cretaceous is unconformable. There are a good association of petroleum source rocks, reservoir rocks and seal rocks and structural traps in the Mesozoic strata, as well as good conditions for the generation-migration-accumulation-preservation of petroleum; so the region has good petroleum prospects.

Key words: eastern sea area of the northern margin of the South China Sea; Mesozoic; oil/gas exploration

更正

因作者技术疏忽,本刊2003年第10期刊登的《鄂尔多斯盆地白垩系含水层沉积学初探》一文出现个别错误,特做如下更正,请谅解。

该文第823页右栏第24~25行:“白于山分水岭以南与子午岭以东是盆地高矿化度地下水集中分布区”。应为“白于山分水岭以南与子午岭以西是盆地高矿化度地下水集中分布区”。