

深水盆地油气勘探新领域

陈建文^{1,2}

(1 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 2 中国海洋大学, 青岛 266003)

摘 要: 全球海域深水区已成为油气增长的新领域。根据国内外深水油气勘探概况和我国深水盆地的油气地质条件认为, 我国海域珠江口盆地珠二坳陷、琼东南盆地中央坳陷、潮汕坳陷及台西南盆地深水区、南海西南海域深水区 and 冲绳海槽盆地是我国海域深水盆地油气勘探的远景区。

关键词: 深水盆地; 油气; 中国海域

中国分类号: P618.130.27

文献标识码: A

1 世界深水油气勘探概况

世界范围内的深水陆坡区范围较广, 亚洲、欧洲、美洲、大洋洲均有分布。近年来, 美国、英国、加拿大、摩洛哥、毛里塔尼亚、纳米比亚、阿根廷、埃及、以色列、土耳其、澳大利亚、印度、新西兰等国以战略开发利用海洋资源的眼光开始注重和涉足该类地区的石油勘探和油气资源评价。据不完全统计, 现在有 60 多个国家进行深水油气勘探, 其勘探领域已从水深 300 m 的陆坡区扩展到 3 000 m 的深海区, 并在被动边缘盆地中已发现石油储量 600×10^8 t, 天然气储量 2.1×10^{12} m³。墨西哥湾、南美 (Campos 盆地) 和西非大西洋陆坡区已成为世界深水油气勘探的 3 大热点^[1], 并取得巨大成功。在巴西坎波斯盆地水深 600~1 000 m 处发现的 Marlim 油田, 可采储量高达 28.15×10^8 桶, 属巨型油气田; 在西非下刚果盆地深水区发现的 Girassol 油田可采储量为 $(7 \sim 10) \times 10^8$ 桶。可见, 海域深水区已成为油气储量增长的新领域。

2 我国深水盆地的勘探概况

收稿日期: 2003-07-25

作者简介: 陈建文 (1965—), 男, 博士, 研究员, 主要从事含油气盆地的层序地层学及沉积学研究。

我国海域有广大的深水区, 包括南海中央海盆四周的深水区 and 东海冲绳海槽深水区。其中南海中央海盆四周的深水区分布着台西南、东沙陆坡、西沙海槽、笔架、笔架南、尖峰北、双峰北、双峰南、中建、万安、万安南、排波、盆地海岭、盆地海岭南、南康南、南薇、南薇西、南薇东、柏礁、南华北、安渡北、西卫、曾母、北康和巴拉望等盆地, 这些盆地的部分或全部位于深水区。

1973 年开始, 中国科学院南海海洋研究所和青岛海洋研究所分别对南中国海深水区 and 冲绳海槽深水区进行了多个航次的综合地质、地球物理科学考察, 获取了大量的地质和地球物理资料, 20 世纪 80 年代开始原地质矿产部在南海北部先后进行的 1:200 万和 1:50 万的综合地球物理调查涉及到深水区。1987 年以来, 由于国家专项和科技攻关工作的需要, 广州海洋地质调查局先后在南沙海域开展的 10 个航次的综合地球物理调查涉及该海域的深水区, 其中有 6 个航次是以深水盆地的油气勘查为目的而进行的。到目前为止, 我国在东海和南海深水区共完成多道地震约 100 000 km, 调查面积南海大, 东海小; 地震测线南海多 (超过 90 000 km), 东海少; 测网南海密 ($1.5 \text{ km} \times 1.5 \text{ km}$ 至 $40 \text{ km} \times 80 \text{ km}$), 东海疏 (路线调查为主)。钻探工作主要在南海北部陆坡进行。1986 年 2 月钻第 1 口深水井 (LF15-1-1 井) 就获得油气发现, 该井日产原油 499.1 t、天然气

297 m³。目前中国海洋石油总公司在南海北部水深超过300 m的钻井有19口,主要分布在珠江口盆地及琼东南盆地,最大水深为543.8 m。迄今为止,在深水区共钻探构造25个,其中5个构造获油气发现,2个油田已投入开发。在南海南部、西部和中东部及东海深水区还没有钻井,即使是南海北部水深超过550 m的区域也还没有钻井。这一情况表明,我国深水区勘探程度极低。其油气资源潜力有待进一步查明。

3 我国海域深水油气远景区

3.1 珠江口盆地珠二坳陷和琼东南盆地中央坳陷的深水陆坡区

中国南海北部陆缘珠江口盆地珠二坳陷及琼东南盆地中央坳陷,具有典型的被动大陆边缘的构造、沉积、演化特征和相应的成油条件。

该区处于陆壳与洋壳的过渡带,地壳厚度18~24 km,区内分布有陵水、松南、宝岛—长昌、顺德、开平、白云等一系列凹陷^[2],凹陷总面积达 12×10^4 km²,凹陷内下第三系残留厚度大,如白云凹陷的下第三系平均残留厚度为5 000 m,最大达8 000 m。

(1) 烃源岩

珠二坳陷及琼东南盆地中央坳陷区发育2套主要烃源岩,即始新统一渐新统的湖相泥岩和渐新统的海湾—泻湖相泥岩,这2套烃源岩的有机质丰度高,母质类型较好。据计算,中央坳陷带的总生烃量为 $2\,610 \times 10^8$ t,珠二坳陷的总生烃量为 $1\,304 \times 10^8$ t。

(2) 储层

珠二坳陷及琼东南盆地中央坳陷区普遍发育3套储层。即:始新世—早渐新世裂谷期河流、三角洲砂岩,BY-1-1井证实其物性较好,恩平组河流相砂岩最大孔隙度超过20%;晚渐新世到早中新世时期滨浅海砂岩和台地碳酸盐岩储层,钻井证实其平均孔隙度多在15%以上;中新世半深海—深海浊积岩储层,许仕策等^[3]认为,受全球气候变化的影响,南海北部第三纪

海平面升降频繁,中新世由21.0、18.5、17.5、17.0、16.5、16.0、15.5、15.0、13.8、13.4、12.5、11.6、10.5、7.0、6.3、5.8、5.5和5.0 Ma等18个层序界面组成了17个层序,各层序的低水位期发育有盆底扇、斜坡扇等浊积砂体,钻井证实这类砂岩的孔隙度达20%~30%。

此外,刘铁树等^[2]认为,在南海北部外陆架—陆坡区还发育有前积楔,其面积在225~1 818 km²之间,楔体厚度100~400 m,在前积楔上倾方向常发育深切谷,其中充填有低水位期辫状河或海侵期河口湾砂体,前积楔的滨面砂体、三角洲砂体和深切谷充填砂体是良好的储层。

(3) 圈闭

南海北部陆坡区早第三纪断裂活动强烈,沿断裂带形成了一系列背斜、断鼻、断块等构造圈闭,这些圈闭规模大(如面积达150 km²的荔湾3-1构造圈闭)、成带分布,晚第三纪以岩性圈闭为主,由盆底扇、斜坡扇浊积砂体被其侧向和垂向半深海相泥岩包围而形成。这类圈闭有的面积超过200 km²(如流花333-1盆底扇岩性圈闭),且埋藏浅,是琼东南盆地中央坳陷带和珠江口盆地的珠二坳陷的重要勘探目标。

总之,琼东南盆地中央坳陷带和珠江口盆地的珠二坳陷是南海北部具有重要油气远景的深水区。

3.2 潮汕坳陷及台西南盆地深水区

潮汕坳陷和台西南盆地相连,位于珠江口盆地东南部和台湾岛的西南海域,水深300~2 000 m,已有的地震资料解释表明,该区中、新生界最大厚度大于9 000 m。许多学者认为该地区的海相中生界是中生代特提斯洋的产物^[4-6]。

3.2.1 地层

林鹤明等(2002)^[7]认为,晚三叠世—早侏罗世,潮汕坳陷和台西南盆地是一个向南开口的开阔边缘海盆地或海湾,沉积了一套厚度稳定的滨浅海相地层;中晚侏罗世,全区整体抬升,遭受剥蚀;早白垩世,因新特提斯洋发生大

规模扩张作用,本区沉积了较厚的海相地层;晚白垩世,新特提斯洋开始消减,南海地区整体抬升;早第三纪,岩石圈发生张裂,本区乃处于隆起剥蚀状态;晚第三纪—第四纪,南海北部陆缘表现出典型的离散型大陆边缘特征,本区发生强烈的沉陷作用,并沉积了较厚的上第三系和第四系。所以,发育了巨厚的上三叠统一下侏罗统、下白垩统、上第三系—第四系。

3.2.2 石油地质条件

(1) 烃源岩条件

本区有三叠系、侏罗系和白垩系 3 套烃源岩。

三叠系:本区没有钻井钻及三叠系,但广东陆上、南海南部民都洛岛及礼乐滩盆地的上三叠统烃源岩的 TOC 值为 0.35%~6.75%, R_o 值多在 1.0%~2.5% 之间。有机质类型为Ⅲ型。

侏罗系:台西南盆地钻遇的侏罗系为滨浅海相沉积,烃源岩有机质类型为Ⅲ型,TOC 值为 0.59%~1.78%, R_o 值多在 0.68%~1.38% 之间。属于成熟至高成熟良好级的生油岩。

白垩系:台西南盆地钻遇的下白垩统为滨海相沉积,烃源岩有机质类型为Ⅲ型,TOC 值为 0.6%~0.95%, R_o 值多为 0.6%~1.0%。属于普通级为主的成熟生油岩。礼乐滩盆地 Sampaguita-1 井钻遇的油气产自下白垩统及中始新统,烃源岩 TOC 值最高为 1.5%~2.0%。

(2) 储、盖条件

华南地区陆上中生界为砂泥岩互层;礼乐滩盆地钻井揭露的白垩系下显示其生储盖组合为自生自储型;在台西南盆地,根据钻井资料,侏罗—白垩系砂泥岩互层自成其储盖组合。由此可见,本区有上三叠统一下侏罗统、下白垩统、上第三系等 3 套砂泥岩互层的储盖组合。

(3) 圈闭条件

区内构造发育,有断块、断鼻、背斜、断背斜、逆掩背斜等类型,根据陈隽等(2002)^[8]的地震资料解释成果,已在潮汕坳陷发现了 44 个局部构造,其中面积大于 100 km² 的局部构造有 14 个,并且认为 LF35-1 构造、ST27-1 构造和 CZ1-1 构造带是潮汕坳陷具有代表性的勘探

目标。

3.2.3 油气显示

台湾中油公司于 1979—1980 年已在本区的台西南盆地的 CGF 构造和 CFS 构造钻获了大量的油气,在周边地区与本区可对比的中生代地层中也钻获了油气,如礼乐滩盆地的 Sampaguita-1 并在白垩系地层中钻获了油气。

综上所述,潮汕坳陷和台西南盆地的深水区具有良好的油气远景。

3.3 南海西南海域深水区

南海西南海域的深水区发育有中建南盆地、南薇西盆地和北康盆地 3 个主要盆地及万安、曾母盆地的一部分,这些盆地或地区的水深为 300~3 000 m,面积约 30×10⁴ km²,地震资料揭示新生代沉积厚度达 6 000~12 000 m,最大超过 16 000 m(曾母盆地北部),是极具油气资源潜力的海域。

3.3.1 地质演化

白垩纪末,南沙地区发生了一次重要的构造运动(礼乐运动),形成了新生界与前第三系的不整合面,受此影响,南海西南海域发生张裂。在古新世—始新世,万安盆地、中建南盆地形成了裂陷型的河流、湖泊相沉积,推测南薇西、北康盆地和曾母盆地沉积了与礼乐滩盆地相似的滨浅海沉积;在渐新世,随着南海的进一步扩张,区内普遍海侵,形成了厚度较大以碎屑岩为主的海相沉积;在中新世,海平面升降速度减慢,区内稳定沉积了一套厚度较大的碳酸盐岩或碎屑岩沉积;在上新世—第四纪,发育了浅海碳酸盐岩与碎屑岩互层及半深海—深海碎屑岩沉积。

3.3.2 石油地质条件

(1) 烃源岩条件

地震相及沉积相分析表明,区内始新统、渐新统及中新统都发育有滨浅海相、海湾—泻湖相和半深海相泥岩沉积,用地震速度资料分析后认为,区内最大泥岩厚度达 4 500 m,平均泥岩厚度约 1 500 m。据与邻区西纳土纳盆地、涠公盆地、文莱—沙巴盆地、巴拉望盆地和礼乐滩

盆地相当地层的地球化学分析资料比较得知,这些泥岩的有机碳含量大部分应为0.5%~2.0%,干酪根类型主要为Ⅱ型和Ⅲ型, R_o 值在0.6%~2.0%;因此,本区有较好的烃源岩条件。

(2) 储集条件

地震资料分析及周边海域已有的钻井资料证实,按岩性,区内储集层有2种类型,即砂岩和碳酸盐岩。

砂岩是区内主要的储层,分布于各个沉积时期,地震资料研究表明,区内砂岩百分含量约为25%~60%,主要为浅海相、三角洲相沉积,其次有滨岸平原相、滨海相和盆地早期的河流相沉积。外国石油公司钻井证实其物性较好,如文莱三角洲砂岩的平均孔隙度和渗透率分别为20%和 $200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,万安盆地浅海相砂岩的孔隙度约为15%~25%,曾母盆地海岸平原相及滨海相砂岩的孔隙度和渗透率约为10%~30%和 $(100 \sim 600) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,地震资料分析认为,本区主要砂岩的孔隙度约为15%~22%。

碳酸岩盐储层在本区也非常发育,主要发育于南薇西、北康、万安和曾母盆地的中新统和渐新统,根据邻区的钻井资料揭露和地震资料分析,岩石类型有砾屑灰岩、砂屑灰岩、晶屑灰岩、鲕粒灰岩、团粒灰岩及各种生物灰岩,成因类型有礁灰岩、台地灰岩等。邻区的钻井证实其主要孔隙度和渗透率值约为15%~40%和 $(10 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。因此,本区储集条件较好。

(3) 盖层条件

区内上新世—第四纪的泥岩为区域性盖层,中新世及其以前各沉积时期的泥岩既可生成油气,又是良好的局部性盖层。

(4) 圈闭条件

广州海洋地质调查局多年来的地震资料解释结果和综合研究结果表明,中建南、南薇西、北康、万安和曾母盆地中局部构造发育,圈闭类型多样。构造圈闭有断块、断鼻、背斜、断背斜等,地层圈闭有不整合圈闭、地层超覆圈闭、岩性圈

闭(生物礁岩性圈闭、浊积岩岩性圈闭等)。此外,还有构造—岩性圈闭。

总之,南海西南海域的深水区具有较好的油气前景。

3.4 冲绳海槽盆地

冲绳海槽盆地属于弧后盆地,主体部分水深大于500 m,该盆地在中新世中、晚期首先在西部开始拉张,接受了一些晚中新统断陷充填沉积,推断为盆地早期的一些陆相沉积。上新世广泛海侵,接受了大量海陆交互或浅海环境沉积。在更新世时期盆地陆坡下部出现大量浊流沉积,地震剖面表现为大量的圆丘反射及绕射、弱振幅地震相、倾角变化与断续的反射段。最新的资源评价认为该盆地的油气资源量为 5.8×10^8 t油当量。

此外西沙海槽陆坡区、莺歌海盆地深水区、南海东部深水区都是有利的深水油气勘探地区。

参考文献:

- [1] 王春修. 国外深水油气勘探动态及经验[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(2): 141—144.
- [2] 刘铁树, 何仕斌. 南海北部陆缘盆地深水区油气勘探前景[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(3): 164—170.
- [3] 龚再生, 李思田, 等. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 127—149.
- [4] 郝沪军, 林鹤明, 杨梦雄, 等. 潮汕坳陷中生界——油气勘探新领域[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): 228—236.
- [6] 蔡乾忠. 寻找海相油气新领域——从南海北部“残留特提斯”谈起[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(3): 157—162.
- [7] 林鹤明, 郝沪军. 珠江口盆地东部和台湾西部海域中生界地质特征[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(4): 231—237.
- [8] 陈隽, 郝沪军, 林鹤明. 潮汕坳陷地震资料的改善及中生界构造的新发现[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(4): 271—278.