

文章编号:1672-9854(2007)-03-0005-05

值得重视的海域海相油气勘探

温珍河,刘守全,陈建文,龚建明,肖国林,蔡峰,许红

(青岛海洋地质研究所)



温珍河

摘要 当前我国海域油气的勘探领域和勘探层位大部分局限于新生界,而对古生代海相地台沉积、特提斯海相沉积、南海生物礁、南海和冲绳等深水盆地领域的勘探涉足不深。通过海域海相油气的地质调查与研究以及新区评价,认为在我国海域拓宽找油的战略选区,力争海域海相油气勘探获得突破、发现储量规模大的整装油田是有可能的。

关键词 海洋油气勘探;古生代;海相地层;油气远景;中国海域

中图分类号:TE122.11

文献标识码:A

温珍河 1963年生,研究员。长期从事海洋石油地质资源评价、海洋地理信息系统等方面的研究工作,发表论文20余篇,参与编写专著4部,获部级科技成果奖二等奖3次。通讯地址:266071 山东省青岛市福州南路62号;电话:(0532)85754229

中国近海发育了一系列陆架沉积盆地,总面积达近百万平方千米,具有丰富的含油气远景。这些沉积盆地自北向南包括渤海盆地、北黄海盆地、南黄海盆地、东海盆地、冲绳海槽盆地、台西南盆地、珠江口盆地、北部湾盆地、莺歌海—琼东南盆地、南海南部诸盆地等。

中国海上油气勘探主要集中于渤海、南海北部大陆架、东海及黄海,预测石油资源量为 $275.3 \times 10^8 \text{ t}$,天然气资源量为 $10.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。目前原油的发现率仅为18.5%,天然气发现率仅为9.2%,这表明中国近海海域仍具有很大的勘探开发潜力。

我国海域油气的勘探尽管取得一定的进展,但离国民经济建设的要求还差得很远。当前海上油气勘探的范围还局限于新生代盆地,勘探领域、勘探层位大部分还局限于新生界。而我国海域还发育有古生代海相地台沉积、特提斯海相沉积、南海生物礁、南海和冲绳等深水盆地沉积,这些都是我国涉足不深的领域。

通过地质调查与研究,评价我国油气勘探尚未

涉足的新区,提出我国海域油气勘查的新领域,拓宽海上找油的战略选区,为我国国民经济的持续发展注入新的动力,意义重大。油气一旦有所发现,对我国的国民经济建设、油气安全战略,进一步改善我国的能源结构,以及提高国民尤其是沿海人民的生活质量,都将具有十分重要的意义。

1 海相地层主要发育的地区及勘探现状

我国目前的海上油气勘探主要在陆相新生界为主的盆地区进行。但在新生代盆地下部,还分布有广阔的下扬子地台、古特提斯,另外还有生物礁、深水盆地等海相沉积发育区。

1.1 南黄海南部—下扬子海相沉积区

南黄海南部的新生代盆地勘探成果不佳,而地台区的海相地层一直是外国石油公司感兴趣的领域;韩国近几年陆续在该海域开展一些地震勘探。

我国在20世纪70年代末至80年代初开展过

收稿日期:2007-04-30

4 km × 8 km 测网的数字地震调查,限于当时的技术条件以及当时的勘探目的层主要是新生界,对深部下扬子地台海相沉积层没有引起特别的重视。对地台区海相沉积的分布,地质构造,盆地原型的类型、性质、发育特征等基础地质问题还处于推测、探讨的阶段。南黄海海域与相邻的江苏地区共同构筑下扬子地台^[1-2],南黄海海域应是下扬子地台的主体。对南黄海的地台相沉积,目前到了必须引起重视的阶段。

我国有多口钻井揭示在中—新生代盆地之下,存在中—古生代地台相沉积。如 W5-ST1 井于 1 383.80 ~ 3 233.64 m (海面起算)井段钻遇近 2 000 m 的海相三叠系青龙组和二叠系大隆组—龙潭组。此外, CZ35-2-1 井、CZ24-1-1 井、CZ12-1-1 井、WX13-3-1 井、WX4-2-1 井等都见到不同厚度的海相地层。

韩国所钻的 Kachi-1 井也揭示了在中—新生代陆相盆地之下存在中—古生代地台相沉积,于井段 2 693.00 ~ 2 726.30 m (补心起算)见到 33.3 m 厚的下三叠统白云岩。

1.2 古特提斯海相沉积区

海相地层一直是国外主要的油气富集区,国外的油气产出大都遵守“海相生油理论”。有越来越多的证据表明,在南海北部、东海南部和台西南盆地可能存在古特提斯海相沉积区^[3-6]。据不完全估算,中国大陆边缘从东南亚至东海可能分布有特提斯海相沉积的地区面积约 30 × 10⁴ km²。研究表明,中生代时期华南大陆边缘发生过两次大的海侵:第一次发生在燕山运动早期的晚三叠世—早侏罗世,沉积了海相碎屑岩和深海—半深海海相页岩夹砂岩。第二次海侵发生在早白垩世。中生代特提斯海侵范围涉及到南海东南部的巴拉望、礼乐滩及台西南盆地和台西陆上地区,并为钻井所证实。

1985 年原地矿部南海地质调查指挥部与美国哥伦比亚大学拉蒙特—多尔蒂地质观察所合作,在南海北部陆缘进行地球物理调查,研究被动大陆边缘构造演化史。在地震剖面上发现反射呈现连续、振幅较强和长距离可跟踪对比的地震波组。剖面上,新生代沉积厚度为 1 800 ~ 4 000 m。以始新统顶界(T₀)为界,分上、下两套构造层。上构造层从海底至 T₀,下构造层从 T₀ 至 T_g。T_g 之下反射波向北倾斜,计算

地震层速度为 5.05 km/s,厚度在 5 ~ 7.8 km。虽受构造变动,但沉积层次仍很清楚,顶部受过剥蚀而成残留地层,确认为海相中生代沉积,推测中生界底界为侏罗系。它处于东沙群岛—彭湖列岛带的火山弧前。这就是推论的晚中生代残留特提斯。

在台西南盆地 F1 井所见的白垩纪地层为轻变质的海相页岩,含超微化石,地层最厚可达 5 000 m,反映了残留特提斯沉积向东延伸的趋势。

1985 年,上海海洋地质调查局在东海陆架盆地南部瓯江凹陷钻探灵峰 1 井,于 2 013 m 以下钻遇一套海相古新统,经中国科学院地质研究所分析含有孔虫、沟鞭藻和钙质超微化石等,属种丰富,与国际标准属种和化石带对比,确认这套地层属于典型的海相沉积。这说明东海陆架南部发育过广阔的古新世海盆。上海海洋地质调查局将这套地层命名为“灵峰组”,该组之下见晚白垩世地层。从 3 041 m 处向下钻进了 320 m 古老变质岩系,取心样品由宜昌地质矿产研究所使用 K-Sr 全岩等时线法测定,其地质年代相当于古元古代晚期,距今 1 680 Ma,可与陈蔡群对比,命名为“温东群”,被认为是东海陆架的基底。在变质岩系中还发现油气显示,并证实油源来自古新世海相地层。之后打石潭 1 井时见到厚度更大的灵峰组(厚约 558 m),上部为良好盖层,下部为海相生油层。

1997 年东海石油公司与英国超准石油公司合作,在温东海域丽水凹陷施工的丽水 36-1 井于海相古新统中试获高产天然气,日产 28 × 10⁴ m³。这个重大发现揭开了东海南部油气勘探海相新领域,为海域油气勘探史写下了新篇章,激发了人们对古新世特提斯海产生了浓厚的兴趣。

中国海洋石油总公司与台湾中油公司在台西南盆地合作开钻的井中,揭示有特提斯海相地层,将展示海相特提斯更加美好的前景。

1.3 南海周缘生物礁发育区

南海是西太平洋一个特殊的边缘海,发育有深海盆、大陆坡和大陆架等典型洋底地貌单元。南海在新生代发育了不同类型的构造盆地^[7],这些盆地在演化过程中形成了高差悬殊的海底地貌单元,在一些高部位常常是生物礁生长发育的良好地区。南海生物礁自渐新世开始发育,主要发育于中新世和第四纪。

平面上,南海生物礁发育于南海北部陆架—陆坡区的珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、北部湾盆地、台西南盆地,南海西部陆架区的万安盆地、中建西盆地,南海南部陆架—陆坡区的曾母盆地、南薇西盆地、北康盆地,南海东部陆架区的巴拉望盆地、礼乐盆地等。

在南沙海域南部,周边国家已经发现了许多礁相油气藏。生物礁型油气藏在世界石油储量中占有很重要的地位。据 M. T. Halbouty 等统计,世界上由生物礁型圈闭形成的大油(气)田其总储量达 $43.4 \times 10^8 \text{ t}$ 。

围绕南海各产油国家进行了粗略统计,礁型油气藏油气储量和产量也居重要位置。

迄今为止,针对南中国海生物礁及生物礁油气田的勘查和研究成果显著,包括国内外一系列重大的勘探开发发现及其相关基础地质研究的结果,比如:

(1) 针对南海海域群岛—生物礁区以油气勘探为目的的地质调查和钻探,结合相关基础理论研究,形成了一批研究报告和专著,实现了重视生物礁油气钻探的观念转变。

(2) 针对南海北部含油气盆地生物礁及生物礁含油气性的研究和相关钻探,油气开发取得重大突破,发现了一批生物礁油气田,形成开发局面,比如珠江口盆地流花 11-1 大型生物礁油田(储量超过 $2 \times 10^8 \text{ t}$),迄今仍然是南海北部海域的最大油田。同时,在生物礁成因、成烃演化、科学经济意义等基础理论研究方面取得重要成果。

(3) 国外在南沙海域针对生物礁进行了大规模油气勘探,迄今已经发现 30 余个生物礁型油气田。

(4) 我国针对南沙万安盆地生物礁、北康盆地碳酸盐岩生物礁储层进行地震勘查,相应综合评价研究取得了重要成果。

1.4 发育海相地层的深水区

20 世纪 90 年代初期,国际石油工业平均发现和开发成本为原油 5~10 美元每桶,当时对北海海域储量小于 $1 \times 10^8 \text{ bbl}$ 的油田被认为是无商业价值的,在墨西哥湾水深超过 300 m 的油田是不经济的。现在,由于生产成本的不断降低,国际油价飞涨,国外实施油气钻探和开发的水深已从陆坡区 300 m 扩展到 3 000 m 的深水区。在北海、墨西哥湾

的深水地区发现的油气田数量已达数百个之多。目前墨西哥湾、南美(坎普斯盆地)和西非大西洋陆坡区已成为世界深水油气勘探的三大热点^[8],并取得巨大成功。

我国海域有广大的深水区,包括南海中央海盆周缘的深水区 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、南康南、南薇、西卫、曾母、北康、巴拉望等盆地,这些盆地的部分或全部位于深水区^[9]。

根据目前勘探资料,南海北部深水区可能包括中生代海相地层和第三纪深湖相沉积两大勘探领域;东海冲绳海槽深水区则主要发育中新世晚期的陆相沉积和上新世的海相沉积。

我国的深水油气勘探刚刚起步,此前在南海北部海域的油气钻井水深一般在 600 m 以内,在东海海域的油气钻井水深小于 150 m。近几年国家开始重视深水油气的勘探,不断有 863 项目和战略选区项目在实施。但总体而言,我们与国外在深水油气勘查方面的差距至少落后十年。

随着油气勘探开发的进程与技术进步,在我国东海和南海近 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的深水海域尽快实施深水海域油气勘查与战略性研究,进行深水海域油气勘探综合战略选区评价已经势在必行。

2 海相地层油气调查区的选择

在国外,尤其是著名的中东地区,海相地层既是油气的主要产层,又是油气的主要源岩。我国尽管在“陆相生油”上有重大突破,但并不意味着就要否定“海相生油”论。据世界各国的统计资料,“海相生油”占有绝对优势。

根据地质条件分析,我们认为海域海相地层油气调查区应该选择南黄海南部(中部隆起区—一勿南沙隆起区)、台西南盆地(古特提斯海相沉积发育区)、南海北部陆架区及斜坡区、南海南沙海域等。

南黄海南部 钻井揭示有较大厚度的古生界;相邻陆地为苏北地区,发育有广泛的古生代海相沉积;结合重磁资料,推测南黄海有广泛的古生代海相沉积分布。

南海北部陆架区及斜坡区 地震调查和少量钻井揭示可能有残留的古特提斯海相地层分布。

南沙海域生物礁 调查评价区主要位于南海

南部的万安—曾母—南薇西—北康—巴拉望—礼乐—礼乐北等盆地区,以综合地震测线加密为主;该区的万安—曾母盆地地区已经发现了20多个生物礁型油气藏,其中的L礁特大型气藏储量超过10个崖13-1大气田的储量。近年来,我国国家南沙专项调查和95-4科学考察等项目在该海域的调查和评价研究发现了大批生物礁体,但控制测线稀,为深入工作带来不利。南海北部的珠江口盆地和琼东南盆地为中国海洋石油公司勘探区,该区20世纪80年代发现和开发了一批生物礁型油气田,但之后发现处于停止阶段。

南海周边和东海冲绳海槽发育大量深水第三纪沉积盆地,水深往往大于300m,基本上还是我国尚未涉及的领域。冲绳海槽盆地南部300m以深海域的面积达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上,但由于我国各单位完成的综合地球物理调查工作较少,该区成了我国研究最为薄弱和资料大范围空白(缺乏)的海区之一。

3 海相地层的油气勘探目标

根据现有资料分析,我国海域海相地层具油气远景的地区包括南黄海、东海和南海海区。可勘探的具体目标包括南黄海南部(中部隆起区—勿南沙隆起区)中—古生界和东海陆架盆地西部、残留特提斯海相沉积区、南海生物礁油气形成的有利地区,以及我国深水盆地区有利油气富集的地区。各个勘探目标的具体内容如下。

(1) 南黄海南部中—古生界油气勘探

南黄海南部(中部隆起区—勿南沙隆起区)中—古生界的油气调查与评价,在已有资料和研究成果基础上,探索适合本地区地质条件的地震勘探技术,开展新的地震—重磁联合调查。结合综合研究,拟解决:

- 下扬子地台古生代海相地层的分布及厚度变化;
- 下扬子地台区陆地区域地质对比关系;
- 古生界的构造格局与构造演化;
- 古生界的生烃潜力分析;
- 古生界的油气基础地质条件分析;
- 古生界资源评价。

(2) 古特提斯海相沉积区油气勘探

预计古特提斯海相沉积主要分布于如下海域。

莺歌海海槽 印支运动,地中海洋壳向华南地块俯冲,使印支地块与华南大陆闭合而遗留下来红

河地缝合线。由于印度板块持续嵌入,使印支地块向东挤出,导致闭合后的红河断裂发生北西向的走滑断裂,从而造成新的扩张,诱发特提斯继续活化,接受了深海—半深海相沉积。

南海北部陆坡海槽 根据地震调查资料推测是残留中生代特提斯,由于受后期构造运动影响,它与莺歌海海槽是否相连,目前尚难确定,有可能原来是个统一海槽,而后被南北向的剪切断裂错位而分离。

灵峰海 东海受北西向断裂影响,造成南北分块构造格局,在南块即东海陆架盆地南部的台北坳陷及其东部海域,古新世接受了来自南海的特提斯海侵,形成了“灵峰海”,接受了广泛的古新世海相沉积。其古海洋环境为:基底由古老变质岩系及其被燕山期花岗岩侵入的“沉没大陆”,在此基础上形成了边缘海。

特提斯海相沉积区的主要勘探工作内容是,在收集资料并对原有资料进行有目的的预处理情况下,合理部署补充地震—重磁调查测线。拟解决:

- 古特提斯海相地层残留分布区;
- 古特提斯海相沉积的构造格局、构造面貌与演化;
- 古特提斯海相沉积成烃的基本地质条件;
- 古特提斯海相沉积经历的后期改造及其对成烃的影响;
- 评估古特提斯海相沉积的油气资源远景;
- 指出古特提斯海相沉积油气成藏的有利地区。

(3) 南海生物礁油气勘探

南海中央海盆周边盆地生物礁非常发育,在已有资料研究基础上,开展补充地震—重磁调查。主要工作内容为:

- 重要盆地生物礁补充综合调查;
- 我国海域主要沉积盆地第三纪生物礁成因、分布、演化地质条件及地质模型研究;
- 生物礁高精度层序地层格架及层序地层研究,古海洋学对比研究;
- 南海生物礁油气田成藏模式对比研究及勘探前景对比预测;
- 重点生物礁含油气性数值模拟;
- 有利区带—重点目标地球物理资料特殊处理;
- 有利钻探目标综合评价研究。

(4) 海域深水油气勘探

主要工作内容为:

- 典型深水海域地球物理补充综合调查；
- 国外及国内相关工作—技术—经济条件调研、评估对比研究；
- 历史地震资料常规与特殊处理解释；
- 构造编图与综合评价研究；
- 地震地层—层序地层—古海洋学对比研究；
- 含油气性综合评价研究；
- 综合战略性选区评价研究。

4 海域海相地层的油气前景

我国海域海相地层是一个尚未深入的油气勘探新领域，如果汇集长期从事油气资源调查、生产、科研等各路专家的意见，共同研究海域海相地层的基础地质构造、盆地演化与油气藏的生成关系，通过集思广益，集中解决关键性问题，对有可能生成油气藏的新领域、新层位和新类型进行探索或重新评价，是有可能取得突破的。

通过近几年的地质调查和资源评价及综合研究，有许多迹象表明我国海域不仅存在海相碳酸盐岩地层，而且该套碳酸盐岩具有较好的油气前景。毗邻的陆区不断有新的发现；国外在南海周边已经建立了一定的油气产能；深水油气有较广阔的前景。加强对该领域的战略调查与研究，选择有利区进行重点勘探，对寻求我国海上油气工业新的突破十分必要。因此，应对南黄海南部（中部隆起区—勿南沙隆起区）中—古生界和东海陆架盆地西部的

勘探，在总结石油地质特征的基础上提出油气聚集有利区；残留特提斯海相沉积区，圈定其分布区，评价其油气远景；提出南海生物礁油气形成的有利地区，评估其资源远景；指出我国深水油气勘探方向，圈出有利油气富集的深水盆地。通过这些工作的实施，海域海相油气勘探获得突破、力争发现储量规模大的整装油田是有可能的。一旦钻探成功，将会使我国海域油气战略走向历史性转折，给我国油气资源可持续发展做出重大贡献。

参考文献

- [1] 俞凯,郭念发. 下扬子区下古生界油气地质条件评价[J]. 石油实验地质, 2001(1): 41-51.
- [2] 郭念发, 尤效忠, 刘德法, 等. 下扬子区古生界油气地质条件及勘探选区[J]. 石油勘探与开发, 1998(1): 4-9.
- [3] 蔡乾忠. 中国海域海相中生代油气[J]. 海洋地质动态, 2003(8): 42-46.
- [4] 殷鸿福, 吴顺宝, 杜远生, 等. 华南是特提斯多岛洋体系的一部分[J]. 地球科学, 1999(1): 1-11.
- [5] 刘海龄, 阎贫, 张伯友, 等. 南海前新生代基底与东特提斯构造域[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004(1): 15-27.
- [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]. 中国海上石油(地质), 2000(3): 157-163.
- [7] 陈国威. 南海生物礁及礁油气藏形成的基本特征[J]. 海洋地质动态, 2003(7): 32-37.
- [8] 王春修. 国外深水油气勘探动态及经验[J]. 中国海上石油(地质), 2002(2): 141-144.
- [9] 陈建文. 深水盆地油气勘探新领域[J]. 海洋地质动态, 2003(8): 38-41.

编辑：赵国宪

Oil and Gas Exploration in Marine Formation of China Sea Areas

Wen Zhenhe, Liu Shouquan, Chen Jianwen, Gong Jianming,
Xiao Guolin, Cai Feng, Xu Hong

Abstract: At present, the oil exploration targets of China seas mainly focus on the Cenozoic basins while exploration provinces and horizons mostly are limited to the Cenozoic strata. In fact, China Seas developed Paleozoic marine platform deposits, Tethys marine deposits, South China Sea reefs, and deep-water basins of South China Sea and Okinawa trough, in which China has not done much work. With fast and continuously increasing China national economy, China pays more attention to the new frontiers and new provinces of China sea areas. On the bases of geological survey and studies, marine oil and gas resources potential of the new frontiers can be evaluated, the new provinces of oil and gas exploration could be provided, the promising areas in China seas areas could be extended. On the integrated studies, it will be probable that marine oil and gas exploration makes to break through due to discovering huge oil or gas fields with large reserves.

Key words: Offshore oil exploration; Paleozoic; Marine strata; Hydrocarbon potential; China seas

Wen Zhenhe: male, Professor, Researcher. Add: Qingdao Institute of Marine Geology, 62 Fuzhou Nan Rd., Qingdao, 266071 China