

# 中国近海油气勘探进展

朱伟林

(中国海洋石油总公司,北京 100010)

[摘要] 近年来,中国近海的油气勘探坚持以寻找大中型油气田为指导思想,以区域研究为基础,以科学合理部署为保证,针对中国近海独特的油气地质特征,通过创新认识和技术进步,坚持走高效勘探之路,取得了丰硕成果,新发现储量屡创历史新高,步入了历史上最好时期。然而,随着勘探程度的提高和勘探领域的拓展,中国近海油气勘探也面临越来越多的挑战。

[关键词] 中国近海;大中型油气田;高效勘探;挑战

[中图分类号] TE11;P618.13 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)05-0018-07

## 1 前言

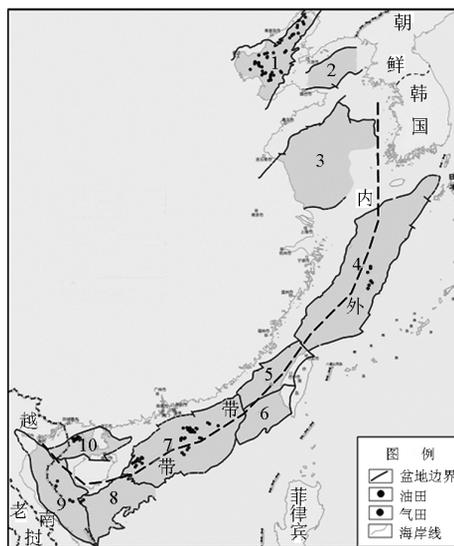
20世纪中叶以来,中国海洋石油工业从无到有,由弱变强,取得了令人瞩目的成就。回顾其发展历程,可分为从20世纪50年代末到20世纪70年代末的自力更生的早期勘探和改革开放以来的大规模勘探开发共两大历史时期。改革开放以来,随着中国海洋石油总公司的成立,通过对外开放和合作,我国海洋石油工业迅速发展壮大。至今,我国海洋石油工业已经进入了以自营为主的高速高效发展阶段。

几十年来,基于中国近海丰富的油气资源,中国近海的油气勘探取得了丰硕的成果,特别是近年来,中国近海的油气勘探坚持以寻找大中型油气田为指导思想,以高效勘探为引领,以区域研究为基础,以科学合理部署为保证,通过创新认识和技术进步,油气勘探步入了历史最好时期,近几年新发现油气储量屡创历史新高,为公司快速可持续发展和国家经济建设做出了应有的贡献。

## 2 中国近海油气勘探概况

中国近海共发育10个新生代沉积盆地(见图1),油气勘探总面积约 $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中南海北

部深水区(水深 $>300 \text{ m}$ )面积占20%以上。特殊的区域构造背景和地质演化历程造就了中国近海含



1—渤海湾盆地; 2—北黄海盆地; 3—南黄海盆地; 4—东海盆地; 5—台西盆地; 6—台西南盆地; 7—珠江口盆地; 8—琼东南盆地; 9—莺歌海盆地; 10—北部湾盆地

图1 中国近海新生代沉积盆地分布图

Fig. 1 Sketching showing distribution of Cenozoic sedimentary basins in the China offshore area

[收稿日期] 2010-03-05

[作者简介] 朱伟林(1956-),男,江苏苏州市人,教授级高级工程师,博士,中国海洋石油总公司总地质师,长期从事中国海域的石油天然气勘探研究和管理工作的;E-mail: zhuwl@cnoc.com.cn

油气盆地具有独特的石油地质特征,加上海洋油气勘探的自身特点,决定了中国近海油气勘探的特殊性<sup>[1-6]</sup>。

## 2.1 勘探概况

中国近海勘探工作量总体上投入巨大,特别是近年来,三维地震和钻井工作量大幅度增加,推动了勘探的进程。至2009年,中海油在中国近海累计采集二维地震超过 $100 \times 10^4$  km,三维地震 $8.6 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,完成探井1 238口;共发现油气田130个(其中自营91个、合作39个),含油气构造141个(其中自营111个、合作30个);累计探明石油地质储量达 $30.2 \times 10^8$  t,探明天然气地质储量 $6 387.4 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,为中海油2010年实现年产 $5 000 \times 10^4$  t油当量的产量目标及公司的可持续发展奠定了资源基础。

## 2.2 烃源条件

中国近海沉积盆地大都发育在新生代,其形成主要受伸展构造体系控制,由基底构造层、裂陷期构造层和裂后期构造层组成,裂陷期是烃源岩的主要发育期。

盆地内主要发育三类烃源岩:第一类为裂陷早期的陆相深湖和半深湖相泥岩(如南海的文昌组、流沙港组、渤海的沙河街组三段),以II型干酪根为主,主要成烃阶段较早(R<sub>0</sub> 0.7%~1.2%),以产液态烃为主;第二类为裂陷晚期浅湖或湖沼相泥岩和煤层(如珠江口盆地恩平组、莺—琼盆地崖城组、东海盆地月桂峰组),以III型干酪根为主,主要成烃阶段居中(R<sub>0</sub> 0.73%~1.42%),油气兼生。煤和碳质页岩生烃能力强,主要成烃阶段较晚(R<sub>0</sub> 0.9%~1.9%),以生气为主,次为轻质油;第三类是深海—浅海相和滨岸相的泥页岩。可分成两个亚类:一个亚类是裂陷期的海相、滨岸相泥岩和碳质泥页岩(如东海丽水凹陷的灵峰组、西湖凹陷的平湖组),油气生成主要靠陆源有机质,都为III型干酪根,总体以生气为主;另一亚类是裂后沉降期及以后形成的海相生油岩(目前仅在莺歌海盆地的中新统、上新统和第四系发现),有机质来源包括陆生高等植物及低等水生浮游生物,III型干酪根,主要依靠后期热流体的催化作用生烃,都以生气为主<sup>[3]</sup>(见表1)。

表1 中国近海盆地烃源岩分布及特点

Table 1 Distribution and characteristics of hydrocarbon rocks in China offshore basins

| 烃源岩类型 | 盆地名称   | 凹陷名称          | 生烃层系   | 烃源岩岩性及沉积环境 | TOC/%     | "A"/%           | 干酪根类型       |             |                |
|-------|--------|---------------|--------|------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| 湖相    | 渤海     | 沙南            | 沙三段    | 湖相泥岩       | 1.12~3.35 | 0.785 5         | II          |             |                |
|       |        |               | 渤中     | 沙三段        | 湖相泥岩      |                 | 0.97        | II 1        |                |
|       |        |               | 东营组    | 湖相泥岩       | 0.6~0.8   |                 | II 2        |             |                |
|       | 珠江口北部湾 | 惠州及文昌B凹陷      | 沙三段    | 湖相泥岩       | 3.51      | 0.141 9~0.253 7 | 0.585 4     | II          |                |
|       |        |               | 文昌组    | 湖相泥岩       | 1.72      |                 |             | 0.175 6     | I - II 1 以II为主 |
|       |        |               | 流沙港组   | 湖相泥岩       | 1.60~1.95 |                 |             | 0.197~0.282 | II 2           |
|       |        |               | 乌石     | 湖相泥岩       | 1.62~2.30 |                 |             |             |                |
|       |        |               | 东营组下段  | 湖沼相泥岩      | 1.28      |                 |             |             | 0.263 1        |
|       |        |               | 沙一段    | 浅湖相泥岩      | 1.04      |                 |             |             | 0.178 9        |
|       |        |               | 渤海     | 及碳质泥岩      |           |                 |             |             |                |
| 湖沼相   | 沙南     | 东营组下段         | 湖沼相泥岩  | 1          | 0.145 8   | 0.974 5         | II - III    |             |                |
|       |        | 沙一段           | 浅湖相泥岩  | 3.87~5.31  |           |                 | I - II 1    |             |                |
|       |        | 辽中            | 湖沼相泥岩  | 1.36~1.47  |           |                 | II          |             |                |
|       |        | 沙一段           | 浅湖相泥岩  | 1.62~2.25  |           |                 | II 1 - II 2 |             |                |
|       |        | 恩平、珠III及文昌A凹陷 | 恩平组    | 湖沼相泥岩      |           |                 | 1.16        | 0.145 8     | II 2 为主        |
| 海相    | 琼东南    | 崖南            | 崖城组    | 滨岸泥岩       | 0.81      | 0.081           | III         |             |                |
|       |        |               | 海湾-滨海  |            |           |                 |             |             |                |
|       |        |               | 东海     | 西湖         | 平湖组       |                 | 沼泽相泥岩       | 1.38        | 0.14           |
| 莺歌海   | 中央凹陷   | 莺—黄组          | 浅海相泥岩  | 0.45       | 0.062 2   | 0.032 4         | III         |             |                |
|       |        | 梅山组           | 浅海相泥岩  | 0.55       |           |                 | 0.062 2     | III         |                |
|       |        | 三亚组           | 滨浅海相泥岩 | 0.46       |           |                 | 0.026 9     | III         |                |

## 2.3 资源分布及特点

我国近海盆地石油总资源量约 $249 \times 10^8$  t,天然气总资源量约 $13 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>,但分布极不均衡,从

资源评价的结果看,我国近海沉积盆地大体可分作“内带”与“外带”两大部分<sup>[7]</sup>(见图1)。“内带”主要包括渤海、北黄海盆地、南黄海盆地、东海盆地的

丽水+椒江凹陷、台西盆地、珠江口的珠Ⅰ+珠Ⅲ坳陷和北部湾盆地,石油资源占近海总石油资源量的79%,其中渤海、珠Ⅰ坳陷、珠Ⅲ坳陷和北部湾4个盆地/坳陷的石油资源占近海石油总资源量的70%,是近海石油资源主要分布区;“外带”主要包括东海盆地的西湖+钩北凹陷、台西南盆地、珠江口的珠Ⅱ坳陷、琼东南盆地和莺歌海盆地,天然气资源占近海总天然气资源量的81%,其中莺—琼盆地、珠Ⅱ坳陷和西湖+钩北凹陷4个沉积盆地/坳陷天然气资源量占近海天然气总资源量的76%,构成了近海天然气资源的集中分布区。

这种资源分布的不均衡,造就了不同盆地、不同凹陷不同的勘探成果。截至2009年底,中海油累计探明原油地质储量 $30.2 \times 10^8$  t,其中“内带”的渤海占69.6%,珠江口盆地占20.5%,北部湾盆地占6.2%,三盆地占总石油探明储量的96.4%,是我国海上最重要的产油区;累计探明天然气地质储量 $6\,387.4 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,主要分布于“外带”的莺歌海盆地占25.7%、琼东南盆地占16.3%、珠江口盆地占15.4%、东海盆地占8.9%,四盆地占总天然气探明储量的66.3%,成为我国海上最重要的产气区。从资源评价和勘探效果看,富生烃凹陷控制了油气的富集。

### 3 近年来中国近海油气勘探进展

中国近海油气勘探历程可分为早期自营勘探(1957—1979)、对外合作与自营勘探并举(1979—1997)以及1997年以后的自营引领合作勘探共三个阶段。前两个阶段经过艰苦奋斗,共发现44个油气田,探明石油地质储量 $10.87 \times 10^8$  t,天然气 $3\,082 \times 10^8$  m<sup>3</sup>;第三个阶段到目前已经发现86个油气田,探明石油地质储量 $19.3 \times 10^8$  t,天然气 $3\,306 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。尤其是近年来储量发现连创历史新高,迎来了中国近海新一轮油气勘探高潮。

#### 3.1 近年来中国近海油气勘探特点

##### 3.1.1 坚持寻找大中型油气田的勘探思想,走高效勘探之路

中国近海待发现油气资源约占总资源量的2/3,具有寻找大中型油气田的物质基础。海上勘探具有高科技、高风险和高投入的特点,在投资效益最大化的市场经济时代,坚持寻找大中型油气田,走高效勘探之路,是中国近海勘探可持续发展的必然选择。中国近海每口探井平均探明当量油地质储量为 $254 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,其中2003年后每口探井平均探明储量上升为 $369.03 \times$

$10^4$  m<sup>3</sup>,勘探成效得到显著提高。近年来相继发现的金县1-1、锦州25-1、垦利10-1、渤中28-2南、涠洲11-2等一系列大中型油气田,更加坚定在中国近海寻找大中型油气田的信心。

##### 3.1.2 坚持从区域研究入手,加强领域研究和勘探

我国近海特殊的石油地质条件,决定勘探发现从目标到层系、到领域的突破具有长期性、曲折性和艰巨性的特点<sup>[6]</sup>。从加强区域研究入手,把握整个盆地或坳(凹)陷的地质结构、沉积特征及油气聚集规律,然后再针对领域进行研究和评价,优选出有代表性的有利构造进行钻探就显得尤为重要。中国近海勘探渐入佳境,后备勘探领域逐年增多,并获得了辽东湾地区、黄河口凹陷、白云凹陷、文昌A凹陷等一系列勘探领域的突破。坚持从区域到领域再到目标的勘探思路,是勘探实现可持续发展的基础。

##### 3.1.3 坚持针对我国近海地质特点的地质认识创新和勘探技术创新

中国近海石油地质认识创新方面,成果丰硕。例如含油气盆地古湖泊学与富烃凹陷烃源条件的理论认识有利地指导了中国近海油气勘探紧紧围绕富生烃凹陷部署<sup>[5]</sup>;晚期构造活动与特有沉积体系的有效配置决定了大型油气聚集的新认识推动了一批大中型油气田的发现<sup>[6,8]</sup>;海上勘探开发一体化理论,为确保成熟区持续稳产上产起到了关键作用。另外,面对勘探对象越来越复杂等诸多难题,在认识上的创新已带来了一系列勘探成果。例如,基于我国南海北部陆坡深水石油地质条件的创新性认识促成了荔湾3-1大气田的发现,揭开了深水勘探的序幕;对渤海中深层石油地质条件的新认识带来了秦皇岛35-2和渤中2-1油田的突破;开发出“时、空、源”三大因素耦合控砂地质—地球物理储层预测技术发现了锦州25-1——中国近海最大的轻质油田<sup>[5]</sup>;岩性油气藏识别与评价技术的突破,发现了渤中29-5构造背景下的岩性油气藏等。

在勘探技术方面创立一整套适合中国海域油气勘探的“本土化”的技术体系。例如,海底电缆三维地震宽方位角采集技术的逐步推广,大大提高构造成像的精确程度;叠前深度偏移等地球物理解释新技术的大力推广,明显改善潜山和断块等复杂构造的地震资料深度域成像效果;此外,还研发了密集断裂带精细构造解释技术组合、混合花岗岩储层分析描述技术等一系列实用配套的地球物理采集、处理和解释技术。在勘探生产中开发并推广多项关

键作业技术,包括针对稠油的测试增温保温技术、高能复合射孔与 DST(电缆测试) 联作技术、核磁共振测井技术、机械式井壁取心技术、产能预测技术等。针对较致密(即低孔低渗) 储层的复合射孔与 DST 联作技术的研发成功,不仅保护了井筒和井下工具,还极大地提高测试作业效率,同时减少了储层污染。针对低阻油层的录井、测井综合解释技术的开发,“解放”了渤中 35-2 油田两套低阻油层。

#### 3.1.4 坚持科学布局,优化风险投资组合,提高勘探成功率

鉴于中国近海油气资源分布的不均衡性,进行合理的勘探布局,是勘探工作顺利进行的重要保证。回顾近年来的成功经验,60% 投入成熟探区、20% 投入滚动探区、20% 投入风险探区是当前最为理想的勘探投资比例。其目的一是要确保每年完成 100% 的储量替代率;二是要不断扩展新区新领域,为完成中长期勘探任务做储备。目前,中国近海油气勘探已形成“上半年拿储量、下半年开拓新领域” 的良性循环。在目标选择上,始终坚持以经济效益为中心,所有的勘探目标都要进行全海域排队,按照滚动区、成熟区、新区新领域进行优化投资组合的动态化管理并及时调整,降低勘探风险,避免决策的盲目性。同时,勘探过程中始终贯彻“集束勘探” 管理理念,从部署到评价,均根据区域研究成果从整体考虑,降低了勘探成本,提高了勘探成功率。

### 3.2 近年来中国近海勘探的主要成果

#### 3.2.1 发现中国近海最大轻质油田—锦州 25-1 油田

锦州 25-1 构造位于辽东湾海域。1985 年钻探的第一口井由于沙河街组缺乏储层,未获得商业突破。近几年在老井复查时发现,该构造在钻探过程中见到良好的油气显示,储层的发育程度是该区下第三系寻找大中型油气田的关键。通过重点对锦州 25-1 构造沙河街组二段和三段地质时期沉积体的时间控制因素(层序地层)、空间控制因素(坡折、沟谷、调节带)和物源控制因素以及他们之间的耦合关系进行细致研究,建立起储层预测模型<sup>[9]</sup>。综合分析认为,锦州 25-1 构造南区是物源体系的最优势卸载区,沙河街组二段发育的辫状河三角洲储集体是该构造的主要储层。在此认识指导下,综合解释了本区沙三段、沙二段湖底扇和扇三角洲优质储层的分布范围后上钻并一举获得成功,油田石油地质储量规模近  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,油密度  $0.83 \sim 0.86 \text{ g/cm}^3$ ,发现中国近海最大的轻质油田,并且测试获渤海碎屑岩储层单井单层日产超千方的最高产量记录。

#### 3.2.2 黄河口凹陷收获浅层中型油气田群

黄河口凹陷位于渤海海域南部,该区为郯庐走滑断裂带的转折部位,复杂构造应力下许多断层发育至浅层,形成垂向运移通道。区内多口探井在浅层(明化镇组下段) 发现油气显示,油气运移活跃。浅层油气富集的关键是圈闭与油气优势运移通道的沟通<sup>[10-12]</sup>。近几年勘探证实,该区油气优势运移通道具有以下特点:分布在主断层活动强的区域;晚期断层仍然处在活动期;断层沟通深层油气运移通道。因此,在油气优势运移通道控制成藏模式指导下,确定黄河口凹陷渤中 28-34 中央构造脊、黄河口凹陷南斜坡带、渤中 25-1 构造东倾末端等构造带为主要勘探领域。以明下段为勘探目的层,在黄河口凹陷北半环相继发现了渤中 34-1 北、渤中 26-3、渤中 35-2、渤中 28-2 南、渤中 29-4、渤中 29-5、垦利 3-2 等油气田,共发现石油地质储量近  $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

#### 3.2.3 突破莱州湾凹陷、秦南凹陷、渤中凹陷深层等新区新领域

加强区域研究,勘探获突破:莱州湾凹陷面积约  $1800 \text{ km}^2$ ,是渤海湾盆地南部面积较小的凹陷。2006 年前,该凹陷自营和合作勘探共钻探井 8 口,没有获得商业性发现,勘探长期处于停滞状态。2006 年后,通过对莱州湾凹陷沉积体系、区域结构、烃源条件及油气富集规律的系统分析,将勘探重点由构造简单的莱北低凸起和中央隆起带转向构造复杂的凹陷北部陡坡带和凹陷东部的走滑构造带,针对不同类型构造实施“集束勘探”,在凹陷北部陡坡带钻探的垦利 10-1 构造,于沙三段油层测试获得工业产能,打破莱州湾凹陷油气勘探沉寂 30 年的局面;在凹陷东部的走滑构造带钻探了垦利 11-2 和垦利 12-2 构造,均获得发现,共获得石油地质储量近  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

秦南凹陷勘探获得新突破:秦皇岛 29-2 构造位于秦南凹陷南侧,石臼坨凸起东倾末端北界断层下降盘。为系统了解秦南凹陷地层、储层、烃源岩、成藏等特征,预探秦南凹陷沙河街组含油气性并揭示其勘探潜力,钻探 QHD 29-2-1 井,测井在东营组和馆陶组共解释 80.3 m 油气层,测试获得商业油气流,发现一个中型规模的油气田。秦皇岛 29-2 构造勘探的成功,揭示秦南凹陷良好的勘探前景,开辟渤海油气勘探新领域,坚定在秦南凹陷南部坡折带勘探的信心。

中深层突破开辟渤中凹陷勘探新领域:渤中地区 20 世纪 90 年代在浅层凸起区上第三系勘探获得了巨大成功,发现了逾  $10 \times 10^8 \text{ m}^3$  的石油地质储量。1998

年以后,该地区浅层大目标已很难找到,勘探面临方向上的选择。渤中凹陷中深层勘探领域一直受到重视,但由于目的层埋藏深、地震资料品质差等问题勘探难度很大。近年来经过精心研究认为,位于渤中凹陷北部的石南陡坡带不仅位于油源区有利于油气充注,而且该地区紧邻石臼坨凸起,在凸起边界大断层控制下,沙河街组储层发育且物性较好,晚期断层不发育,有利于古近系油气保存。因此,确定石南陡坡带为渤中凹陷中深层(古近系)突破的首选。2008年分别钻探秦皇岛35-2和渤中2-1两构造,获得中型规模的发现,证实陡坡带古近系储层发育,打破渤中凹陷近10年来勘探无大发现的局面。同时,突破了埋深3500m勘探门限的瓶颈,展示出该地区中深层较好的勘探前景。

### 3.2.4 涠西南凹陷立体勘探硕果累累

涠西南凹陷是北部湾盆地已经证实的富生烃凹陷,已发现油藏以涠洲组断块(断鼻)和超覆油藏为主。随着勘探的深入,涠洲组可供勘探的目标数量在减少,圈闭规模也越来越小,勘探难度增大。

以往的实践表明,涠西南凹陷深部流一段沉积体系为三角洲及水下扇,储层物性中到好;流三段沉积体系主要为三角洲—扇三角洲,由于埋深大,成岩作用强烈,多为中孔中渗—低孔低渗储层;浅层新近系角尾组为海相储层,埋藏浅,储层物性好。近几年经深入研究后认为,在流一段寻找构造背景下的岩性油藏、在流三段寻找构造型断块油藏以及在角尾组寻找构造油藏,对于保障涠西南凹陷油气储量接替比较现实。由此确定“新近系优先,主攻涠洲或流一、兼探流三”的立体勘探思路。2006年来针对流一段和流三段的勘探发现了涠11-2、涠11-7/8和涠6-8N等油气田,针对新近系角尾组的勘探发现了涠11-1东油田,新发现石油地质储量超亿方。勘探思路转变拓宽了涠西南凹陷增储上产的新领域。

### 3.2.5 低阻油层揭示勘探新领域

琼海凸起在20世纪90年代发现文昌油田,东倾末端构造脊被认为是油气运移的优势通道。文昌13-6构造是新近系披覆构造,通过研究认为其位于优势运移通道上。2008年在该构造北块和南块分别钻探1口井,均在珠江组一段上部发现了受构造和岩性共同控制的低阻油藏,油层电阻率小于 $1.5\Omega\cdot\text{m}$ ,测试日产油 $60\text{m}^3$ 。文昌13-6油田的发现是近10年来琼海低凸起勘探的突破,进一步证实了琼海凸起东倾末端为油气主要运移通道的认识。同时,针对珠江组一段大套泥质粉砂岩“低阻”

油层的测试获得工业产能,使文昌13油田区储层下限得到扩展,扩大文昌油田及整个琼海低凸起油藏可动用储量规模。同样,在渤中凹陷北部的秦皇岛35-4构造,探井在明下段解释“低阻”油层电阻率小于 $4\Omega\cdot\text{m}$ ,测试日产油 $60.5\text{m}^3$ ,带动了石南地区的勘探开发。

### 3.2.6 深水勘探获重大突破

白云凹陷位于珠江口盆地珠二坳陷,大部分地区水深超过500m。近年来在白云凹陷北坡—番禺低隆起地区已有一系列天然气发现,证实了白云凹陷的生烃能力<sup>[13]</sup>。位于凹陷东部的荔湾3-1构造是典型的大型背斜构造,由于其处于近1500m的深水区过去一直未能钻探,2006年经合作方钻探证实为以烃类气为主、预测储量规模近千亿方的优质气藏。荔湾3-1的发现不仅直接证实了南海深水区的勘探潜力,还标志着中国海域油气勘探实现了从浅水走向深水的跨越。

## 4 中国近海油气勘探面临的挑战

随着中国近海成熟区勘探程度的不断提高,地质条件越来越复杂,可供勘探的目标圈闭的规模急剧减小,面临着越来越严峻的挑战。

### 4.1 渤海稠油

作为中国海上最大的石油生产基地,渤海探明石油地质储量60%以上是稠油,而且稠油产量占总产量的比例不断增加。经过近年勘探努力,渤海发现一批轻质油田,有效的改善了渤海海域的资源结构,但寻找优质资源和提高采收率的挑战依然严峻。

### 4.2 高温高压天然气勘探

在莺歌海盆地底辟构造带和琼东南盆地存在一批中深层勘探目标,具有“一大、一深、两高”的特点:“一大”即构造大,单层面积多数大于 $50\text{km}^2$ ;“一深”即目的层埋藏深,一般大于3000m;“两高”及地温高,一般目的层地温大于 $150\text{℃}$ ;目的层处于强超压带,压力系数高,一般大于1.8。由于上述特点,针对中深层目的层的钻井存在钻井成本高、资料获取难度大、资料的真实性等一系列问题。从中深层钻井来看,获得了有一些天然气发现,但是测试层尚未获商业性产能。因此,高温高压特殊地层勘探开采技术,制约了莺歌海盆地底辟构造带和琼东南盆地的一批中深层大型勘探目标的勘探。

### 4.3 天然气勘探遭遇非烃气困扰

在莺歌海盆地浅层、琼东南盆地、珠江口盆地西

部珠三南断裂下降盘等天然气主要勘探领域的勘探过程中,都钻遇了高含量 CO<sub>2</sub> 的气藏。这些高含 CO<sub>2</sub> 气藏的 CO<sub>2</sub> 成因主要分为壳源型、幔源型和壳幔混合型三类,莺歌海盆地浅层 CO<sub>2</sub> 气藏成因为壳源型或壳幔混合型,主要是壳源型;以琼东南盆地东部和珠三南断裂下降盘为代表的 CO<sub>2</sub> 气藏成因为幔源型,在区域构造活动下沿大断裂运移成藏。尽管在此发现的储量规模很大,但无法开发动用。

#### 4.4 深水工程

荔湾 3-1 的突破展现出南海北部陆坡深水区良好的勘探前景,但由于不具备深水钻井装备等资源,目前深水区的勘探仍以对外合作为主。加快深水钻井技术与装备建设是推动近海深水区勘探的关键。

#### 4.5 “三低”油气层识别

“三低”油气层在近海普遍存在。为了证实这类油气层,目前对低阻油气层主要通过针对性的取样来验证,对低孔低渗油气层则进行测试求取流体性质和产能资料。2008 年在钻探过程中遇到可疑油层,表现为地层电阻率相对较低,测井、取样与录井资料在油气层判断上存在矛盾,最后通过测试确定为油层。这也启发了对过去老井的低阻油气层判别正确与否的深入反思。对老井资料重新认识,可能会打开新的勘探领域;对低阻油气层的有效识别,会对部分油田可动用储量和经济效益产生重要影响。

另外,近几年发现的一些低孔低渗油气藏,在钻井技术、测试解释技术、甚至生产工艺技术方面均有待改进。有些地层已经发现油气,但缺乏针对低孔低渗油气层的钻井储层保护技术和测试技术,导致无法获得工业产能。因此,开发“三低”油气层的识别和测试技术、储层保护和改造技术很有必要。一旦产能获得突破,将“解放”一个巨大的勘探领域。

#### 4.6 地震资料的采集和处理技术

近几年在富生烃凹陷勘探一直坚持“地震先行、分步实施、满三维覆盖”的思路,取得了比较好的效果。但是,随着勘探程度的提高和勘探目标深度的加大,提高采集质量,改善地震品质刻不容缓。同时,应加强陆相储层或沉积微相的三维地震描述以及地震资料各种信息利用和提取技术的研究。

### 5 中国近海油气勘探前景展望

中国近海石油待探明地质资源量是已探明地质储量的近 3 倍,天然气待探明地质资源量是已探明地质储量的 9.6 倍,近海探井控制程度总体仍较低,

油气勘探潜力巨大。因此,近海的勘探将继续坚持以寻找大中型油气田的勘探思路为指导,通过加强区域研究,创新认识,开拓思路,寻求新的突破方向。

#### 5.1 立足富生烃凹陷扩大储量规模

已证实的富生烃凹陷仍有很大潜力。渤海、珠江口盆地珠一坳陷、北部湾盆地涠西南凹陷三大成熟探区石油资源量达  $158 \times 10^8$  t,占近海总量的 64%;石油待探明地质资源量为  $50.3 \times 10^8$  t,占总待探明的 62%,仍为石油勘探的主战场。但是,随着勘探程度的日益提高,要继续在这些地区实现储量稳定增长,必须在研究、作业、开辟新层系等方面攻关,打开勘探新局面。要做好以下几个方面工作:

加强区域研究。加强关键问题研究。重视非主流勘探目的层。积极探索非构造圈闭的勘探。加强作业技术攻关,“解放”油气层。

#### 5.2 积极探索新区新领域

加强低勘探程度区的区域研究和基础研究,优选潜力大的领域进行勘探。中国近海有 10 个含油气盆地,主要凹陷 50 余个,目前仅在 6 个盆地的 16 个凹陷中有较好的油气发现。剩余凹陷中,除少数凹陷已被证实不具备大规模成藏的地质条件外,其他凹陷勘探程度相对较低,勘探潜力有待证实。近几年,有计划地对这些勘探程度较低的凹陷开展了整体研究,相继钻探了渤海湾盆地的青东凹陷、莱州湾凹陷、秦南凹陷,北部湾盆地的雷东凹陷、福山凹陷,琼东南盆地的松东凹陷、松西凹陷等,在青东凹陷、莱州湾凹陷、秦南凹陷、松东凹陷等地区获得了油气发现,开辟了勘探新领域。这些地区将成为未来储量增长的有利地区。今后,我们将坚持稳步推进新区勘探,探索乌石凹陷、海中凹陷、北礁凹陷、埕北凹陷等有潜力地区,争取获得新突破。

另外,做好高风险地区风险勘探的准备。中国近海还有一些勘探领域存在大型圈闭,但勘探风险大,如高温高压勘探领域,南、北黄海盆地,东海、南海地区的前第三系勘探领域等。这些领域的勘探必须通过充分审慎的研究论证,在条件具备的情况下再进行钻探。

#### 5.3 加快深水勘探

南海北部深水区是中国近海未来储量增长的主要地区。近几年的研究表明,南海北部深水区发育白云—荔湾、松南—宝岛、乐东—陵水—北礁等三大凹陷群、十个凹陷,预测未钻圈闭天然气潜在资源量达  $30\,000 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,资源潜力巨大。荔湾 3-1 的发

现直接证实了深水区的勘探的潜力,也给后续的勘探提供了很好的借鉴经验。另外,南中国海我国传统疆界内发育一系列新生代盆地,面积大于 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,勘探潜力巨大。深水区勘探程度低、作业成本高,坚持自营与合作勘探并举是目前最为现实的勘探策略。未来,将逐渐向其他深水区域展开区域调查和地质研究,优选后备勘探区域,促进中国南海北部深水区勘探快速发展的到来。

## 6 结语

近年来,中国近海的油气勘探以坚持寻找大中型油气田为指导思想,坚持走高效勘探之路,以科学合理部署为保证,通过解放思想,加强区域研究和基础研究,带动了领域突破;依靠地质认识和科技创新,解决制约勘探的瓶颈问题,开辟了勘探新领域。新发现油气储量节节攀升,连创历史新高,中国近海油气勘探已经进入历史最好的发展时期。

中国近海油气勘探还面临着相当巨大的挑战,但我们将继续坚定信心,争取更多、更好的油气发现,为中海油的中长期规划实现提供物质基础,为国家经济建设做出应有的贡献。

### 参考文献

[1] 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质志编写组. 中国石油

地质志(卷十六) - 沿海大陆架及毗邻海域油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1987

- [2] 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社,1997
- [3] 邱中建,龚再升. 中国油气勘探第四卷:近海油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1999
- [4] 周守为. 中国海洋石油高新技术与实践[M]. 北京:地质出版社,2005
- [5] 朱伟林. 中国近海新生代含油气盆地古湖泊学与烃源条件[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [6] 朱伟林,米立军,龚再升,等. 渤海海域油气成藏与勘探[M]. 北京:科学出版社,2009
- [7] 杨甲明. 中国近海天然气资源[J]. 中国海上油气(地质), 2000,14(5):300-305
- [8] 朱伟林,李建平,周心怀,等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. 沉积学报,2008,26(4):575-582
- [9] 赖维成,徐长贵,于水,等. 渤海海域地质-地球物理储层预测技术及其应用[J]. 中国海上油气,2006,18(4):217-222
- [10] 朱伟林,王国纯. 渤海浅层油气成藏条件分析[J]. 中国海上油气,2000,14(6):2-9
- [11] 米立军. 新构造运动与渤海海域上第三系大型油气田[J]. 中国海上油气,2001,15(1):21-28
- [12] 邓运华,李建平. 浅层油气藏的形成机理——以渤海油区为例[M]. 北京:石油工业出版社,2009
- [13] 米立军,张功成,傅宁,等. 珠江口盆地白云凹陷北坡一番禺低隆起油气来源及成藏分析[J]. 中国海上油气,2006,18(3):161-168

# Advancements of oil and gas exploration in China offshore area: overview and perspective

Zhu Weilin

(China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100010, China)

[Abstract] Under the guidance of seeking for large and middle scale oil and gas fields in recent years, the oil and gas exploration in china offshore areas is grounding on regional study and scientific and reasonable deployment as complementation. Considering the unique and complex geological conditions of china offshore area, the innovations of geological understanding and exploration technology are all emphasized, to keep exploration with high efficiency. Great successes have been achieved on the basis of this paradigm, and the newly discovered reserves make historical breakthroughs continuously, suggesting the golden time of the present china offshore oil and gas exploration. However, with the enhancement of exploration extent and enlargement of exploration area, the oil and gas exploration in China offshore area will face more and more challenges.

[Key words] China offshore area; large and middle scale oil and gas field; high efficiency exploration; challenge