

21世纪中国油气勘探 国际研讨会论文集

International Symposium on Chinese
Petroleum Exploration in 21st Century



主办单位
中国工程院
环太平洋能源与矿产资源理事会
中国石油学会

序

以“21 世纪中国油气勘探远景”为主题的“21 世纪中国油气勘探国际研讨会(含第二届海相碳酸盐岩讨论会)”于 2002 年 5 月 14~17 日在浙江省杭州市召开,届时将有 8 个国家和地区的 200 多名代表参加。大会将就新世纪中国的油气资源前景、勘探方向与目标,以及怎样用更低的成本找到新的油气资源等专题进行研讨,以此推动我国的油气勘探事业向前发展。

本次大会是由中国工程院、环太平洋能源与矿产资源理事会和中国石油学会共同主办,中国石油学会承办,中国石油天然气集团公司、中国石化集团公司和中国海洋石油总公司三大公司协办。2000 年,中国工程院宋健院长和王淀佐副院长率中国工程院代表团赴美国访问,在华盛顿会晤了美国著名的石油地质学家、中国工程院外籍院士 Michel.T. Halbouty 先生,其间, Halbouty 先生提到他曾经与我商讨在中国召开以“21 世纪中国油气勘探远景”为主题的“21 世纪中国油气勘探国际研讨会”。我也曾向宋健院长转达了他的意见,并向中国石油集团公司,中国石化集团公司和中国海洋石油总公司的有关领导作了汇报,各单位都很赞成。

大会的召开,受到国内外石油界同仁的广泛关注。参会代表包括中国工程院的领导和学者、中国石油工业界的领导、管理和科技人员、大学和研究机构的研究人员、经济和金融专家,以及美国、俄罗斯、日本、法国、澳大利亚、荷兰和外国石油公司的专家学者。为了使与会代表及广大读者能及时地了解本次会议的内容,大会组委会决定在大会召开前夕组织部分人员编辑出版《21 世纪中国油气勘探国际研讨会论文集》。由于论文集的出版周期太短,论文未经充分编辑润色,所以有些论文缺图、表,内容、单位、数据时有差错。有的编辑及时作了修订,有的限于时间和条件等原因未能一一予以更正,所以内容不乏纰漏之处,望广大读者谅解。

论文集的全面工作是由中国石油天然气集团公司咨询中心以及中国石油天然气集团公司石油经济和信息研究中心负责。在整个出版过程中,何文渊、杨宪一、陈瑛、罗平、王大瑞和王霞等许多同志也做了大量工作,在此一并致谢。



2002 年 5 月

目 录

会议宣讲论文

从近期油气发现的新领域看中国未来油气勘探发展前景	(3)
21 世纪中国油气资源远景展望	(9)
东北亚天然气资源及其发展趋势	(18)
中国西北地区沉积盆地石油地质	(24)
中国西部沉积盆地的石油地质特征与勘探新发现	(27)
中石化油气勘探形势及未来的勘探领域	(34)
中国海洋石油勘探形势、重大发现和未来勘探领域	(39)
中国含油气系统的基本特征与勘探对策	(42)
坳陷型湖盆层序地层特征与隐蔽油气藏勘探	(57)
中国中西部前陆盆地石油地质特征与勘探	(62)
中国天然气资源与市场分析	(69)
中国石油对外合作油气资源评价方法探讨	(74)
中国重油和沥青砂资源地质特征	(81)
中国克拉通盆地演化与碳酸盐—蒸发岩层序油气系统	(85)
油气晚期—超晚期成藏——中国含油气盆地的重要特点	(91)
中国油气勘探的一个新领域——深水牵引流沉积	(95)
中国煤层气资源前景及产业化发展的关键问题	(102)
中石化东部探区油气勘探潜力分析	(107)
中国东部油气区的资源潜力	(112)
胜利浅海埕岛油田勘探开发技术	(115)
中国南方海相石油地质特征及勘探潜力分析	(120)
高勘探开发程度区复杂断块油气田精细勘探技术与实践——以黄骅坳陷为例	(130)
济阳坳陷隐蔽油气藏勘探	(133)
胜利油区复杂油气藏滚动勘探技术	(139)
复杂断块油气藏勘探及技术	(144)
东海西湖凹陷天然气勘探开发前景分析	(149)
东濮凹陷深层油气勘探潜力分析	(154)
济阳断陷湖盆层序地层学及砂砾岩油气藏群	(161)
松辽盆地南部天然气的成藏与分布	(168)
羌塘盆地南部海相侏罗系古油藏分析	(174)
中国苏里格大气田成藏地质特征	(178)
准噶尔盆地陆梁隆起西部次生油气藏勘探经验及前景	(188)
中石化西部新区油气资源潜力与勘探方向	(193)
中国西北侏罗系油气勘探前景	(197)
塔里木盆地塔河油田勘探实践与发现意义	(202)
酒西盆地窟窿山逆冲构造带油气勘探实践	(210)
中国西部叠合盆地天然气勘探前景	(215)

塔里木盆地库车山地地震勘探技术及综合研究成果	(220)
三维三相烃类二次运移模型及其在中国西部塔里木盆地满加尔坳陷的应用	(225)
塔里木盆地库车前陆褶皱带盐构造形成演化与油气聚集	(233)
中国塔里木盆地库车坳陷超高压成因与大油气田形成	(234)
阿尔金断裂带两侧含油气盆地特征类比	(240)
川西坳陷低孔渗气藏成藏机理及勘探潜力	(245)
轮南潜山地震勘探技术及效果	(249)
川西前陆盆地天然气成藏特征及勘探方向	(253)
中国塔里木古生代海相大油气田形成条件及勘探方向	(260)
中国油气田古岩溶与油气储层	(266)
中国海相油气藏勘探潜力	(278)
中国古生界海相地层油气勘探	(292)
中国南方海相古生界油气晚期成藏特点及勘探对策	(300)
中国南海西部天然气勘探潜力	(311)
中国渤海油气成藏特点及勘探潜力与风险	(316)
中国东海反转构造与油气聚集	(322)
珠江口盆地东部海相中生界油气勘探前景	(327)
珠江口盆地大型礁油田地质特征	(334)
为什么南海南部油气资源比其它边缘丰富?	(339)
中国近海前第三纪沉积盆地及其勘探潜力	(345)
珠江口盆地深水低水位扇及其勘探潜力	(353)

会议未宣讲论文

鄂尔多斯盆地陕北地区大型三角洲油藏富集规律及勘探技术	(359)
库车再生前陆变形带的地壳缩短和定年及其对塔里木盆地北缘 和天山南麓的盆山耦合机制的意义	(367)
现代勘探技术在松辽盆地长岭凹陷油气勘探的新发现	(375)
库车中生代盆地原型分析	(383)
21 世纪油气地质勘探新理论初探——盆地油气成藏动力学	(389)
渤海湾盆地天然气成藏规律及勘探方向探讨	(394)
莺 - 琼盆地天然气的成因特征及烃源岩生气潜力	(400)
琼东南盆地生烃凹陷的沉积体系和岩相分析	(410)
地层压力钻前预测及随钻监测技术及其在莺琼盆地异常高压钻井中的应用	(427)
珠江口盆地——中国 21 世纪油气勘探的一颗明珠	(431)
火成岩油气勘探方向浅析	(437)
试论天然地震与油气成藏与开发的关系	(440)
王集地区核桃园组低阻油层分布特征	(448)
裂缝宽度的定量计算及储层流体类型识别	(451)
再论中国西部逆冲滑脱拆离断层前锋带的构造样式	(455)
石油资源战略的初步认识	(458)
松辽盆地基底石炭 - 二叠系天然气成藏期及勘探方向	(463)
松辽盆地南部油气藏成因成藏组合及其在油气勘探中的意义	(464)
对中国海相盆地油气资源战略选区的思路	(470)

下扬子海相中、古生界油气地质条件评价	(478)
油气系统成因分类及其勘探思路	(479)
华北地区古生界海相油气潜力及勘探前景	(486)
盆地模拟与油气系统模拟	(494)
沉积基底类型及构造挤压应力与储层性质的关系	
——以塔里木盆地西南缘白垩系—第三系前陆盆地为例	(499)
沉积旋回法恢复海相沉积区古地史及估算剥蚀量	
——以南华北地区上下古生界之间的不整合为例	(507)
鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩非均质储层及其预测	(508)
柴达木盆地第三系藻灰岩储层分布特征	(514)
四川盆地南部志留纪碳酸盐灰泥丘沉积储层研究	(517)
深水等深岩丘及其含油气潜能	(523)
托尔阶(早侏罗世)全球性缺氧事件的区域性回应:	
藏北首次发现富碳“海蟑螂页岩”相	(527)
南海深水陆坡区能源远景及关键探测技术	(532)
对黄海中、古生界地质构造特征及油气远景的新认识	(533)
石油勘探中 GIS 技术应用的探讨	(537)
中国陆相盆地泥质岩裂缝油气藏的资源潜力	(541)
准噶尔盆地油气运移通道与成藏	(544)
鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境模式	(545)
鄂尔多斯盆地中生界资源潜力分析	(553)
临南洼陷成藏动力学系统研究与应用	(558)
世界石油资源的供应潜力、需求局限及勘探开发趋势	(563)
塔河地区奥陶系一间房组颗粒灰岩储集体发现与勘探意义	(564)
晚印支以来的中国南方大陆构造演化与油气分布	(569)
泌阳凹陷复杂断块(鼻)群成藏特征	(577)
焉耆盆地侏罗纪煤系地层油气成藏机理及勘探潜力	(582)
90 年代中国含油气盆地油气储产量变化趋势分析	(589)
胜利浅海地区地质特征及勘探方向	(598)
苏皖下扬子区海相地层晚期生烃与成藏问题探讨	(604)
下扬子区海相中古生界多旋回改造特征及油气系统分类	(605)
中国南方中、古生界海相有效烃源岩研究	(606)
江汉盆地南部二叠系烃源岩热演化特征及意义	(607)
通过综合研究让地震数据在砂岩和灰岩直接显示油气	(612)
西加拿大盆地泥盆系碳酸盐岩地层的油气勘探及对中国	
碳酸盐岩盆地石油勘探的启示	(613)
济阳成熟探区深化勘探	(614)
中国塔里木古生代海相大油气田形成条件及勘探方向	(618)
南鄱阳凹陷油气系统分析与勘探选区评价	(624)
中国扬子陆块东南缘海相油气勘探前景	(631)
塔里木盆地北缘库车前陆盆地大地热流分布特征	(638)

会议宣讲论文

从近期油气发现的新领域看中国未来油气勘探发展前景

邱中建 康竹林 何文渊

(中国石油天然气集团公司咨询中心, 北京 100724)

摘 要

近年来中国的油气勘探不断发展,概括起来有四大新发现:(1)渤海海域由于新构造运动控制晚期成藏在浅层发现石油地质储量超过亿吨级的油田群;(2)中西部地区山前冲断带油气勘探取得重大突破;(3)在塔里木盆地北部轮南隆起,发现中国目前最大的奥陶系碳酸盐岩大油田;(4)天然气勘探有突破性进展,探明储量大幅度增长。在塔里木库车坳陷、鄂尔多斯盆地中部、四川盆地东北部共获得三个重要发现。这四大新发现,对我们未来的油气勘探有着重要启示。通过对近期油气突破领域的研究表明,中国的油气勘探领域是广阔的,预测未来5~10年内,可以实现四个目标。

关键词 油气勘探 突破领域 重要启示 勘探目标

前 言

近年来中国的油气勘探不断发展,概括起来有四大新发现领域:(1)渤海海域新构造运动控制油气晚期成藏,发现大型油田群,最大的油田储量规模达6亿t;(2)西部地区山前冲断带的油气勘探取得重大突破,发现大型气田和油田;(3)塔里木盆地北部轮南隆起,发现中国目前最大的奥陶系碳酸盐岩大油田;(4)天然气勘探有重大进展,在塔里木盆地北部、鄂尔多斯盆地中部、四川盆地东北部共获得三个重要发现,并形成三个天然气富集区,探明储量大幅度增长(图1)。

四大新发现领域概述

1. 渤海海域新构造运动控制晚期成藏,发现大型油田群

近年来,在渤海海域上第三系浅层明化镇组、馆陶组发现蓬莱9-1、蓬莱19-3、蓬莱25-6、曹妃甸11-1、曹妃甸12-1、南堡35-2、秦皇岛32-6、旅大27-2和渤中25-1等9个大油田^[1](图2)。这些浅层油田,目的层埋深一般在920~1600m左右,9个油田的储量

规模已达17.2亿t,占目前渤海海域石油总储量规模的71%。渤海海域浅层大油田具有晚期成藏的特点^[2],一般均在晚第三纪末期至第四纪形成油藏。渤海东部大断裂带晚期强裂活动,在浅层形成一系列构造圈闭,同时部分生油岩晚期成熟,晚期油气运

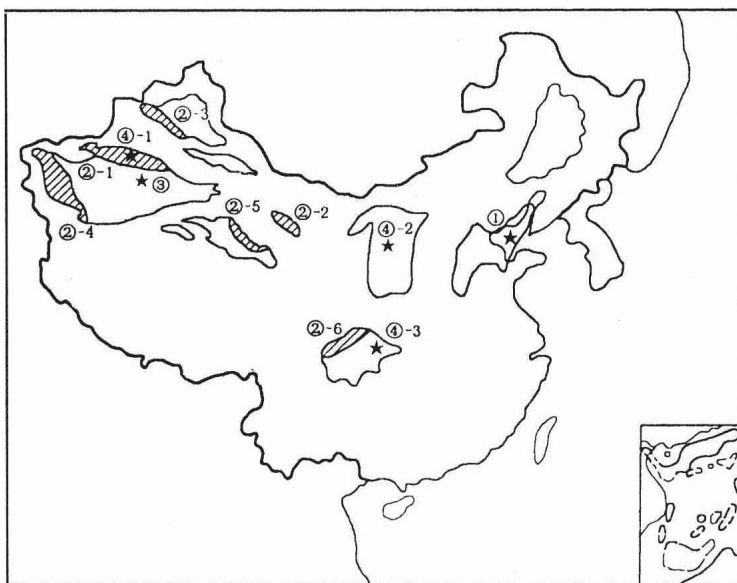


图1 近期中国油气发现四大新领域示意图

①渤海海域储量超亿吨级油田群;②-1库车坳陷山前冲断带,②-2西西盆地祁连山冲断带,②-3准噶尔盆地南缘山前冲断带,②-4塔里木盆地塔西南山前冲断带,②-5柴达木盆地北缘山前冲断带,②-6四川盆地西龙门山前冲断带;③塔里木盆地轮南隆起碳酸盐岩大油田;④-1克拉2气田,④-2苏里格气田,④-3川东北鲹滩灰岩气田群

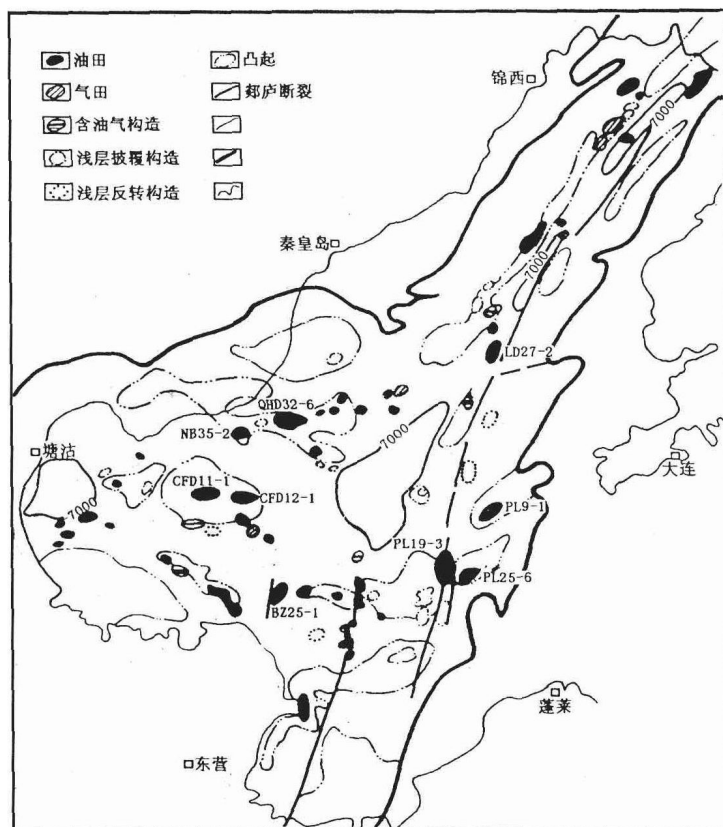


图2 渤海海域1995~2000年发现的大油田分布示意图(据龚再升等2000年简化)

移和油气再分配造就了浅层大油田的形成。大断层沟通了烃源层和储层,是晚期成藏的重要运移通道。晚期油气生成,晚期油气运移,与新构造形成时期相匹配,是渤海海域晚期成藏的关键^[3]。

2. 西部地区山前冲断带油气勘探取得重大突破,发现大型气田和油田

近年来,西部地区山前冲断带油气勘探取得突破性进展,主要有:(1)塔里木盆地库车坳陷天山山前冲断带发现克拉2大气田,探明储量2840亿 m^3 ,气层平均厚度229m,单井日产量一般200万 m^3 左右,并继续发现了迪那1、迪那2、大北1号等大气田和却勒油田(图3、4);(2)酒西盆地祁连山山前冲断带发现青西大油田(图5),储量规模达1亿t,油层厚、单井产量高,一般日产可达200t,含油面积还在继续扩大,类似的钻探目标还有6个;(3)准噶尔盆地南缘、塔里木盆地西南地区昆仑山山前、柴达木盆地北缘祁连山山前、四川盆地西北部地区龙门山山前等山前冲断带,都陆续新发现了油气田和高产工业气流井。

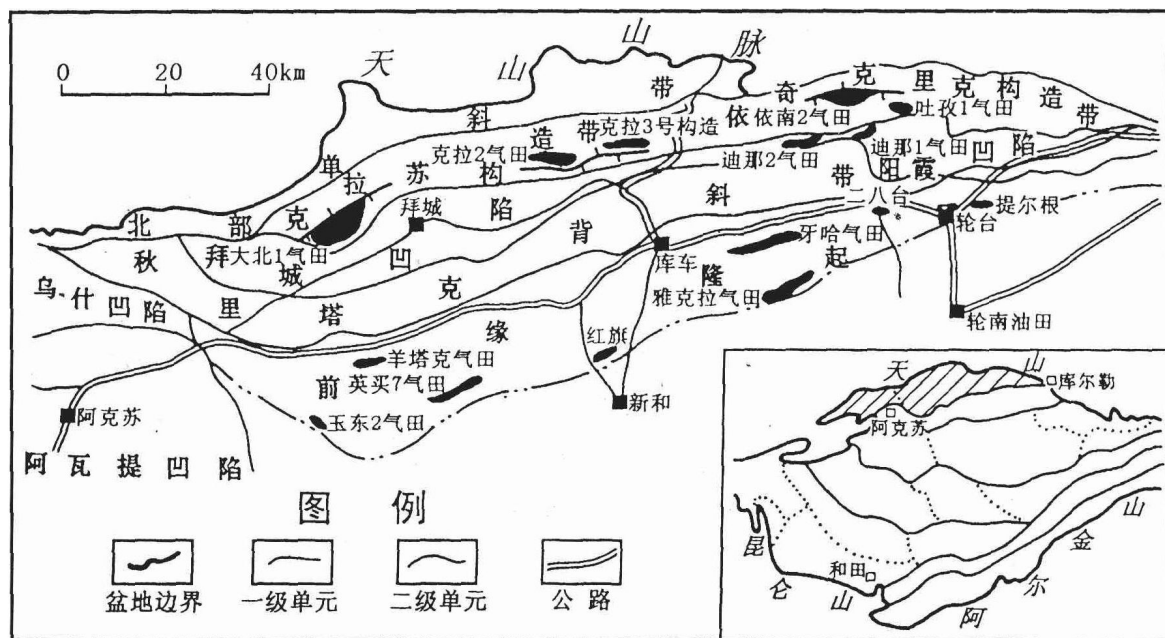


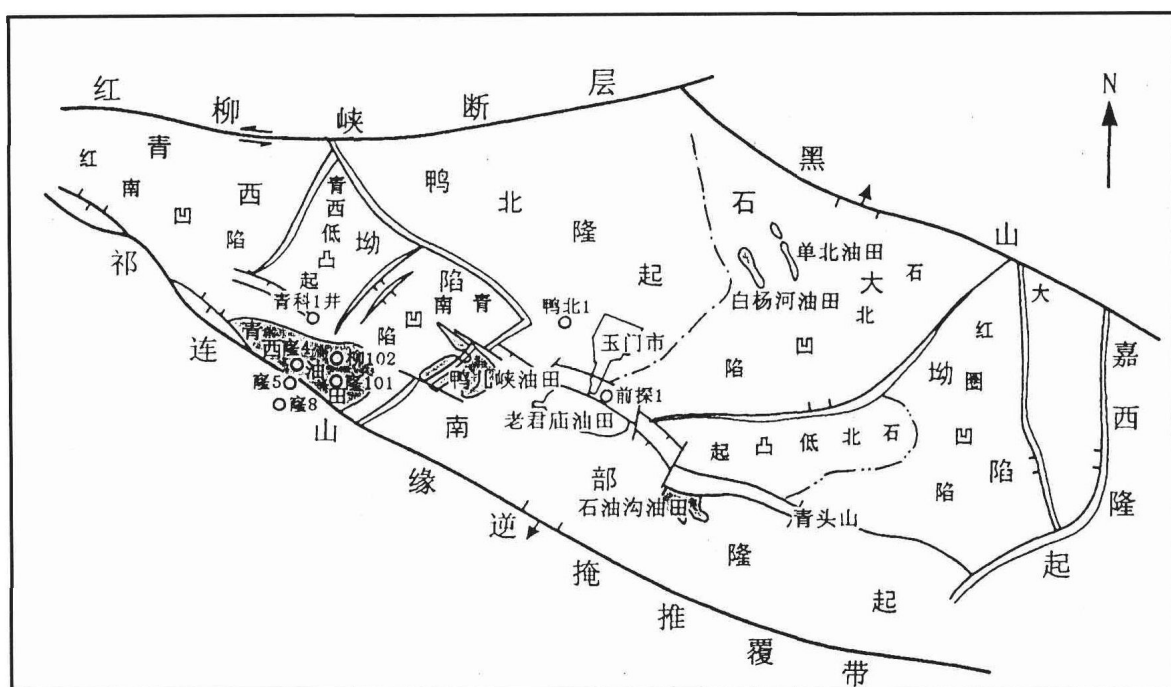
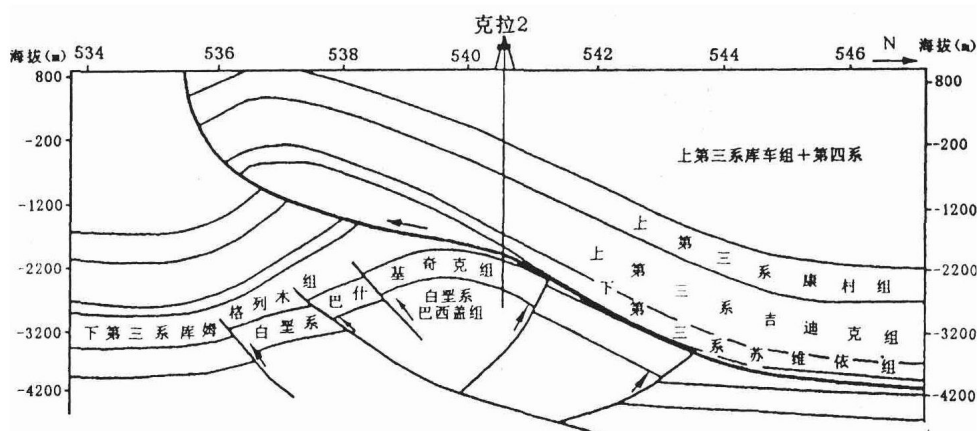
图3 库车山前冲断带的构造分带及油气田分布图

3. 塔里木盆地北部轮南隆起发现目前中国最大的奥陶系碳酸盐岩大油田

近年来在塔北地区轮南隆起西南部,发现以奥陶系碳酸盐岩为主要目的层的轮南-塔河大油田(图6),以及新的含油区块。轮南-塔河油田奥陶系碳酸

盐岩目前含油范围400 km^2 ,储量规模达5亿t。

油气储量分布在潜山风化淋滤岩溶带、渗流岩溶带和潜流岩溶带内(图7),厚度约200~250m;横向上在孔洞缝发育的古岩溶高地、古岩溶斜坡及不同走向断裂交汇处油气藏性质差异大,东部为凝析



重,圈闭类型与油气藏类型均极为复杂。成藏时期以海西晚期与喜马拉雅期为主。

4. 近几年来全国天然气勘探,获得三个重大发现并形成三个天然气富集区,使探明储量大幅度增长

由于近几年来天然气勘探快速发展,1996~2001年,6年来全国新发现大中型气田31个,共新增天然气探明储量1.58万亿 m^3 ,超过1949~1995年46年来全国总探明的天然气储量(1.4万亿 m^3),目前全国天然气累计探明储量达3万亿 m^3 。主要原因是,获得三个重大发现并形成三个天然气富集区:一是前已述及的塔里木盆地发现克拉2大气田并形成库车天然气富集区;二是鄂尔多斯盆地发现苏里格大气田并形成大面积上古生界天然气富集区

(图 8);三是四川盆地发现三叠系鲈滩灰岩气田群并形成川东北天然气富集区^[5](图 9)。上述发现主要特点为:

一是气田储量大、单井产量高。除塔里木克拉 2 气田外,鄂尔多斯盆地苏里格气田,探明储量达 6000 亿 m^3 ,有的高产井区单井测试日产气量在 20 万 m^3 左右;四川盆地东北部地区三叠系鲕滩灰岩气田群,例如罗家寨气田,天然气储量为 820 亿 m^3 ,单井日产量 50 万~60 万 m^3 。

二是气藏类型既有构造圈闭,又有大面积岩性圈闭。克拉2气藏是完整的背斜圈闭;苏里格气田受大型河流相三角洲沉积砂体控制,造成大面积岩性圈闭。川东北地区三叠系鲕滩灰岩储层气田群,综合研究认为鲕粒溶孔白云岩的分布受控于沉积

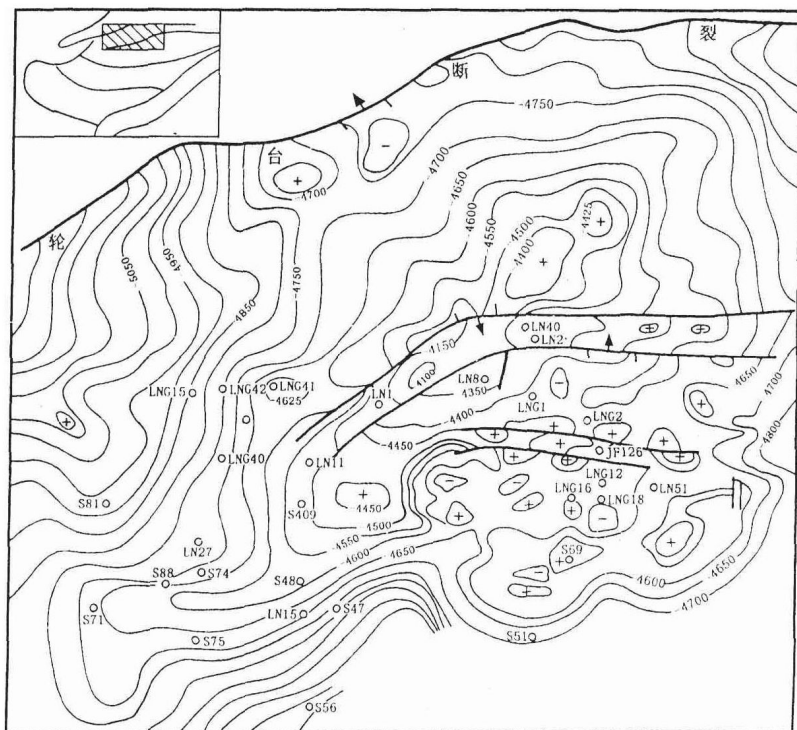


图6 轮南—塔河油田分布范围示意图

相、白云岩化和溶蚀作用,主要发育在海槽两侧的碳酸盐岩台地上,形成台缘鲕粒坝、台内鲕粒滩,并与构造结合形成气藏。

三是有广阔的远景区。塔里木盆地库车坳陷油气远景面积4.3万 km^2 ,天然气资源量2.2万亿 m^3 ,石油资源量4.1亿t,构造成排成带分布,已发现各类大中型圈闭60多个,是迅速增长油气储量的有利地区。鄂尔多斯盆地上古生界天然气远景区面积至少为15万 km^2 ,天然气资源量为8.4万亿 m^3 ,勘探领域广、资源潜力大;四川盆地东北地区三叠系鲕滩灰岩分布面积3750 km^2 ,其中鲕滩灰岩厚度大于10m的分布面积2045 km^2 ,天然气资源量1.6万亿 m^3 。

启示及勘探前景

1. “晚期成藏”的概念将对我国广大地区的勘探产生重要影响

中国是一个新构造运动十分发育的国

家,西部地区由于欧亚板块与印度板块碰撞,最后一次构造运动为喜山晚期运动,使青藏高原上升隆起并使昆仑山、天山、祁连山等山脉重新崛起,同时在山前形成了山前冲断带并产生了众多的新圈闭,也发现了典型的晚期成藏的气田和油田,如克拉2气田和青西油田等。我国东部地区包括近海海域新构造运动也十分明显,例如渤海海上上新世至第四纪,由于太平洋板块持续向亚洲东部俯冲,形成了一大批新构造,经过“晚期成藏”形成了油田。因此中国的广大地区应该重视“晚期成藏”问题,包括渤海湾陆地,西部大量的山前冲断带,受新构造运动影响严重的盆地如塔里木、准噶尔、柴达木、吐哈、四川、莺歌海等。这些地区因新构造运动产生的新圈闭要逐一做出评价。

从油气生成情况来看,是一个复杂的地质过程,油气生成有高峰期,但不能简单用期次概念来说明油气生成。因为生油凹陷内的生油岩体形状极度不规则,同时生油岩体在下降过程中也呈多种状态,快速、缓慢、时快时慢、停滞,甚至反转上升,生油岩体内部各个部位,承受的温度、压力都不相同与时间的匹配也有相当的差异,因此生油体各个部位的生烃状态也有很大的差异,我国相当一部分沉积盆地,包括西部山前冲断带,直到今天仍保留有相当多的生油岩体仍处在生油气的高峰期,这就是晚期成藏的理论依据。

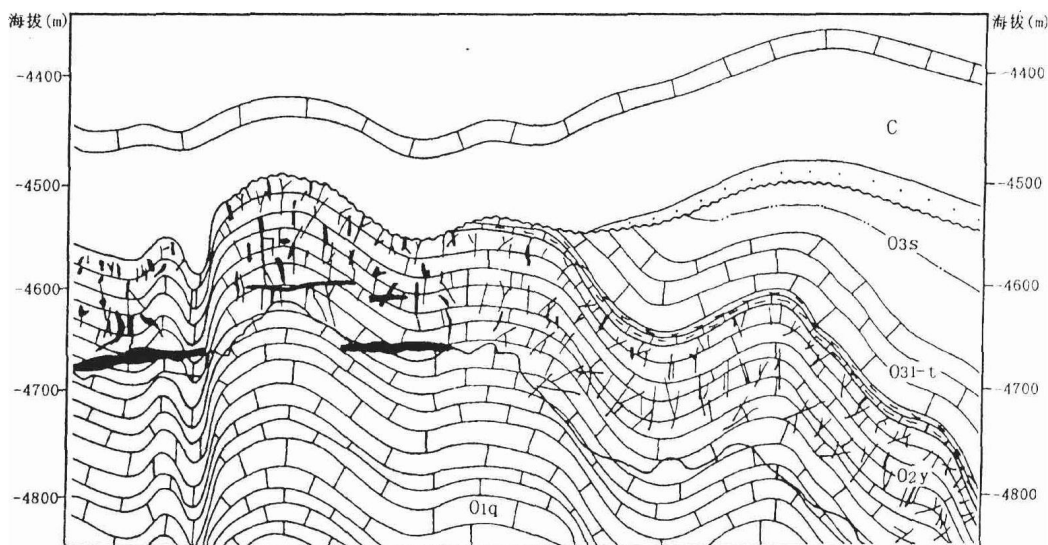


图7 轮南—塔河油田奥陶系油藏模式图

(据塔里木油田分公司研究院 2002 年)

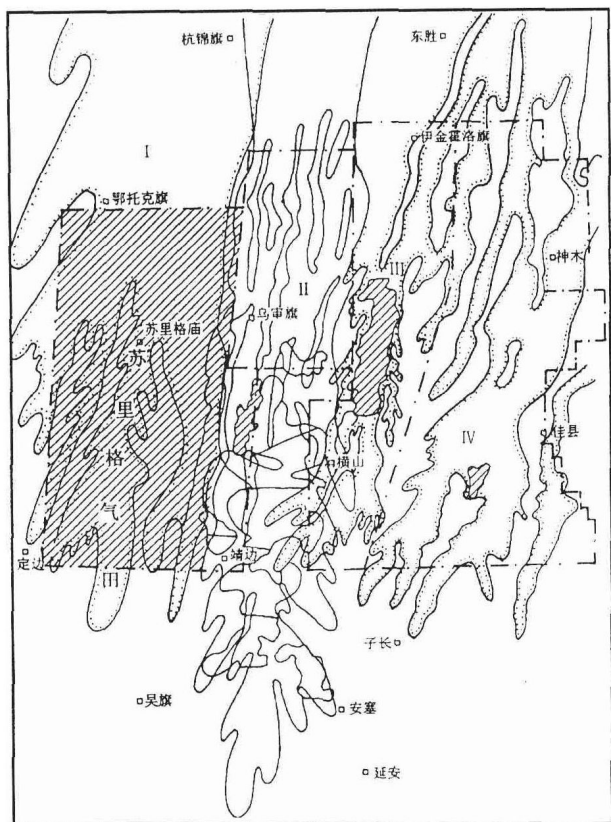


图8 鄂尔多斯盆地上古生界天然气勘探成果图
(据钱凯 2001 年)

油气是可以流动的矿产,只要有构造运动就会使它们运移聚集。渤海海域新构造运动调整、控制

油气晚期成藏,但新构造活动并未终止,至今仍在进行,已形成的上第三系油藏还在聚集、逸散,处于断裂活动带的油气田,仍处于聚、散的动平衡过程中^[6]。

2. 西部山前冲断带将是中国近期的勘探热点,并将迅速获得一批重要的新发现

中国西部山前冲断带数量众多、领域广阔,具有十分良好的油气远景,但地面及地下条件都十分复杂,一直成为勘探工作的禁区,近 10 年来我们对少数山前冲断带进行了系统科技攻关,一些新的勘探技术取得重要发展。包括有:(1)以精确的地下成像为目标的复杂山地地震采集、处理、解释技术;(2)钻探高陡构造、高构造应力区、高压油气水层、大厚度膏盐层的深井钻井技术;(3)深层高压、高产油气层测试技术;(4)准确识别油气层的成像测井技术等。由于成功地运用了这些新技术,在非常复杂的地质条件下,发现了一批重要气田和油田。特别对少数山前冲断带进行系统攻关以后,对深层构造面貌有了新的认识,例如库车山前冲断带一些大型逆冲断层都以巨厚的膏盐层作为滑脱面,滑脱面上、下的构造面貌极不相同,滑脱面以下不仅以膏盐层作为优良盖层,同时掩覆着大量的褶皱适中的背斜构造,与滑脱面以上地层的构造面貌完全不同。正是这些优良的背斜形成了大型的油气田,也提高了我们对山

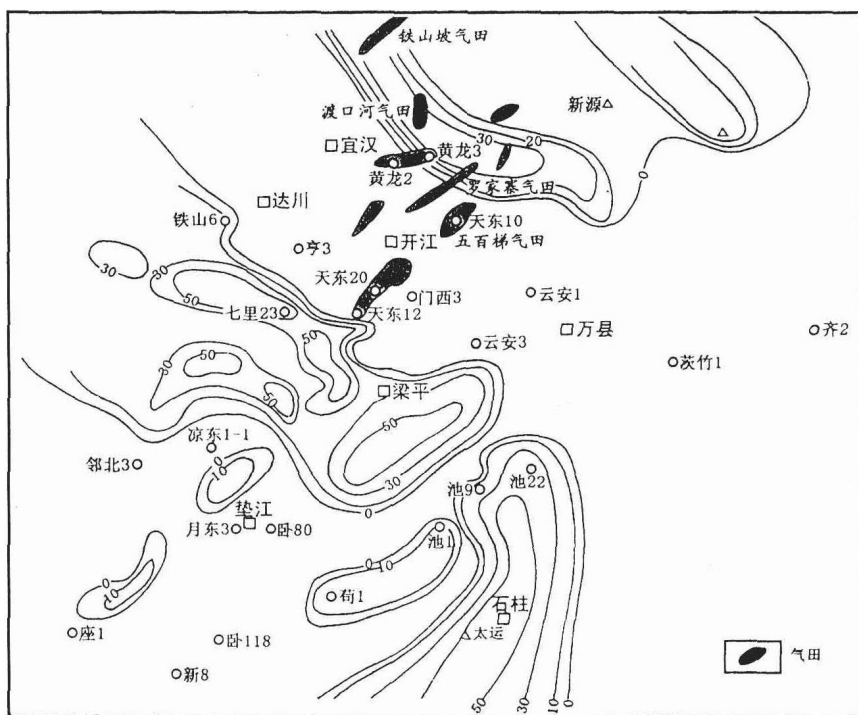


图9 川东下三叠统飞仙关组飞二段鲕粒灰岩厚度等值线图
(据钱凯 2001 年)

前冲断带油气远景的评价。据初步研究,中国西部有 15 个主要的山前冲断带,有利面积达 50 万 km^2 ,石油总资源量约 115 亿 t,天然气资源量 10.6 万亿 m^3 ,勘探程度很低,勘探领域很广,勘探潜力很大,有计划的加大对山前冲断带的勘探力度,加大科技攻关的投入,使其成为中国近期的勘探热点,并迅速获得一批重要的新发现。

3. 大型隆起上复杂的碳酸盐岩油气田应进行广泛的探索

轮南-塔河油田是我国首次发现的奥陶系碳酸盐岩大型油田,含油气情况十分复杂,但单井产量很高,一般单井日产量在 200 ~ 400t,少数井稳产时间较长,多数井稳产时间较短。目前该油田的日产水平已达 9000t。这个油田位于轮南大

型隆起上,有利面积达 3000km²,预测石油资源量为 13 亿 t,有很大来头。特别重要的是,我们采用了两项新技术,初步取得了成果,一是利用三维地震资料进行特殊处理的裂缝识别技术,二是用欠平衡钻井,钻分枝井、水平井,并进行大型压裂酸化改造储层技术,使这个复杂的碳酸盐岩油田进行开发成为可能。

塔里木盆地这类大型隆起很多,有塔中隆起、英买力隆起、塔东隆起、巴楚隆起等,均发现了相当数量的高产油气流井,今后应进行艰苦的广泛的探索和科技攻关,以取得实质性进展。

另外,准噶尔盆地腹部马桥凸起也是一个大型碎屑岩隆起,勘探面积 3630km²,石油资源量估计为 13.7 亿 t,已有油气发现井,应该加大勘探力度,寻找大型油气田。还有华北地区也有大型奥陶系碳酸盐岩隆起,值得密切注意。

4. 今后 10 年将是天然气储量快速增长的时期

我国陆地和近海共有 6 个大型气区,依次是鄂尔多斯、塔里木、四川、柴达木、英琼及东海气区,它们的面积广大,都有重要发现,是储量增长的现实地区。尤其是近年来,我国获得的三个重大发现:克拉 2 号气田、苏里格气田及川东北鲮滩气田群,储量规模大,单井产量高,准备的远景区面积大,并有大量可供钻探的有利圈闭,因此,天然气储量的快速增长将是不可避免的。特别是随着“西气东输”工程的顺

利实施,并预计在 2004 年把天然气送到上海。随着市场的开拓,必将进一步刺激天然气勘探力度的加强,我们可以说天然气大发展的时代已经来到了。

结束语

通过对近期中国油气发现的新领域分析和勘探实践,说明中国的油气勘探领域是广阔的,同时也给了我们不少新的启示,树立了对中国未来油气勘探发展的信心,只要不断用新的地质理论指导勘探工作,不断采用新的技术,攻克难关,中国的石油勘探就会持续、快速发展。

参考文献

1. 朱伟林,王国纯. 渤海浅层油气成藏条件分析. 中国海上油气,2000,14(6):367~368
2. 池英柳. 渤海新生代含油气系统基本特征与油气分布规律. 中国海上油气,2001,15(1):7
3. 邓运华. 郯庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用. 中国海上油气,2001,15(5):302~304
4. 周永昌,杨国龙. 塔里木盆地阿克库勒地区油气地质特征及勘探前景. 石油学报,2001,22(3):4~5
5. 赵政璋,赵贤正. 中国石油“九五”油气勘探回顾及目前勘探形势与潜力分析. 中国油气勘探,2001,6(3):7~8
6. 龚再升,王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏. 石油学报,2001,22(2):4~6

21 世纪中国油气资源远景展望

翟光明

(中国石油天然气集团公司, 北京 100724)

摘 要

针对目前对中国石油工业发展的悲观论调, 作者提出了相反的观点。由于有大量不同类型沉积有巨厚中生界和新生界沉积地层的盆地, 中国大陆应赋存有大量的石油和天然气。中国盆地最重要的特点是它们都经历了多期构造运动和不同类型盆地叠加。这一特点与其它国家不同, 所以决定了中国石油勘探历程的长期性、复杂性和艰巨性。因此, 坚持持续勘探就有可能获得突破。按照最保守的估计, 中国的原油剩余可采储量可以一直开采到 2063 年, 而天然气则可以延续至 22 世纪。尽管如此, 与全球的石油工业同步, 中国大部分的盆地基本处于勘探的早-中期阶段。与发达国家相比, 中国的石油工业还相当年轻, 应从发达国家的石油工业发展历史中吸取经验和教训。中国未来主要的勘探领域有前陆盆地、古隆起及大型隆起周围的地层岩性油气藏, 古生界海相油气藏和渤海湾地区浅层次生油气藏等。科技的发展能够使石油工业快速发展。目前, 高新技术的应用对石油工业发展所起的作用是革命性的。笔者认为中国石油工业的未来是美好的, 并针对加强勘探提出 5 点建议。

关键词 油气远景 多期构造运动 不同类型盆地叠加 剩余可采储量 勘探领域 高新技术的应用 加强勘探

自 20 世纪 90 年代以来, 很多科学家和石油工作者都很关心 21 世纪中国的石油工业前景。一种观点认为在 2050 年之前中国的油气资源将枯竭。现在, 各个国家的油气勘探难度不断加大, 中国也不例外。但根据分析, 我个人认为, 21 世纪中国的石油工业将持续发展。

中国油气资源现状及特点

1. 中国油气资源现状

中国油气资源丰富, 各类沉积盆地超过 500 个, 沉积岩面积达 670 万 km^2 。其中中、新生界沉积岩厚度超过 1000m 的盆地达 420 多个, 总面积约 530 万 km^2 。

根据最新油气资源的评价结果, 全国石油的总资源量 1000 亿 t, 其中陆上为 775.02 亿 t, 占 77.5%, 海域为 225 亿 t, 占 22.5%; 天然气的总资源量为 55.16 万亿 m^3 , 其中陆上为 39.37 万亿 m^3 , 占 71.4%, 海域为 15.79 万亿 m^3 , 占 28.6%。目前来

看, 陆上油气资源量主要集中在松辽盆地、渤海湾盆地、中西部三个地区。

在陆上 775.02 亿 t 石油总资源量中, 至 2000 年底累计探明 212.89 亿 t, 探明程度占 27.5% 左右。可见, 总资源探明程度比较低。在陆上 39.37 万亿 m^3 天然气资源量中, 至 2000 年底累计探明 2.56 万亿 m^3 (不包括伴生气), 探明程度只有 6.42%。松辽盆地石油的探明程度 50.4%, 探明程度相对较高, 但还是有潜力可挖, 特别是松辽南部地区, 探明程度只有 27.1%, 天然气的探明程度就更低了, 只有 7.6%。渤海湾盆地石油的探明程度 43.2%, 除济阳坳陷和东濮坳陷探明程度稍高外, 其他地区都在 40% 以下; 渤海湾地区天然气探明程度为 16.1%。中国中西部地区天然气探明程度为 9.4%, 天然气探明程度只有 6.5%。从以上的油气资源情况分析来看, 中国大多数盆地勘探处于早、中期阶段。

2. 中国油气资源特点

一般来说, 世界主要含油气盆地是勘探早、中期达到油气田发现和储量增长高峰后, 随着勘探深入,

发现越来越少,储量增长呈持续下降趋势。但是,我国多以多构造层系叠合盆地为主,经过多次构造活动,不同类型盆地叠加、改造和沉积面貌复杂,表现在生烃层系与储集层系多、运移聚集期多、油气分布复杂,加之圈闭构造发育不平衡,陆相岩相岩性变化大等因素,造成一方面油气资源很丰富,一方面油气在平面上和层系上分布相对不够集中,认识过程和勘探过程是逐步深化,呈阶段发展,一个层系、一个领域、一个类型勘探到一定程度,将又转入新的层系、领域或类型。这种特定的石油地质特点,决定了中国石油勘探工作的长期性、曲折性、艰巨性。丰富的油气资源和复杂的石油地质特征决定了储量增长的阶段性非常明显,并且将随着勘探的深入,储量增长高潮叠起。

对中国石油工业前景的基本估计

1. 石油

根据众多的资料分析,我认为中国的最终可采储量可达 160 亿 t。其中东部约占 56 亿 t,西部约 75 亿 t(其中塔里木盆地约占 32 亿 t,准噶尔盆地约 27 亿 t,柴达木盆地约 12 亿 t,吐-哈盆地约 4 亿 t),中部、南部、西藏和大陆架海域约 29 亿 t。基于中国剩余可采储量,对于 21 世纪的石油年产量有几种估计。若按 2001 年年产量 1.7 亿 t,2005 年 1.9 亿 t,随后,达到 2.0 亿 t 的峰值,稳产一段时间之后缓慢递减。若按最终可采储量 160 亿 t 计算,至 2005 年尚有剩余可采储量约 120 亿 t。若继续按年产 2 亿 t 计算,可持续生产 58 年,至 2063 年。在这里,我们是根据 20 世纪 90 年代后期的经济技术水准来认识问题的。实际上,随着时间的推移,勘探开发工作的深入,技术的进步,采收率的提高,认识的深化,最终可采储量数必定会大幅度增长。

2. 天然气

中国拥有丰富的天然气资源量。据估计,最终资源量达 55.16 万亿 m^3 。截至 2000 年累计采出量仅为 3100 亿 m^3 。预计 2005 年天然气年产量为 360 亿 m^3 ,2010 年 520 亿 m^3 。另一种预测,2010 年为 700 亿 m^3 。若按天然气年产量 700 亿 m^3 计算,开采 100 年才 7 万亿 m^3 。所以,中国丰富的天然气资源,为中国 21 世纪的天然气开采提供雄厚的物质基础。

石油工业发展历史给予我们的启发

1. 中国石油工业发展历史给予我们的启发

现在,全世界都知道中国拥有丰富的油气资源。但是在上个世纪初,一些外国专家认为中国陆相地层大量分布,是一个“贫油国”。在那时,一些外国地质学家在中国开展了调查研究。基于海相成油理论,他们片面地得出“中国贫油”这一与事实不相符的论断。

1913~1915 期间,一些国外石油公司组织人员在华北、中国西北和东北开展了油气地质调查。作为调查成果,他们在《American Association of Petroleum Geologists》杂志上刊登了一篇名为“中国东北的含油气性”的文章。文中认为“根据岩石类型和年龄,在中国东北是不可能找到石油的”。美国地质学家、斯坦福大学教授 Brockwell 对中国的油气前景也做了一些研究。在他 1922 年发表的文章“中国和西西伯利亚的油气远景”中,他认为由于当时的油田均为海相沉积,而中国绝大多数地层为陆相沉积,所以“和华北一样,中国东北不可能发现大量的油气”。

然而,经过半个世纪的勘探,在中国的陆相沉积地层中发现了大量的油气资源。我们对 150 个盆地的评价结果表明,有 59 个大型盆地面积大于 1 万 km^2 ,含有 960 亿 t 的石油资源,约占中国已知总储量的 96.7%。9 个主要盆地储存了约 45 万亿 m^3 的天然气(80% 的全国总气资源量)。石油资源主要分布在华北,而天然气主要分布在华中和西北部地区。

导致外国专家们认为“中国贫油”的原因是那时,地质调查程度低,没有认识到中国石油地质和地质构造的特点。下文将以渤海湾油气勘探的历程为例,来探讨中国油气勘探的特征。

2. 渤海湾盆地油气勘探历程

在中国东北的松辽盆地发现了大量油气之后,大家把注意力集中在华北地区。1963 年 10 月,勘探队伍进入华北渤海湾。30 年内陆续发现了 6 个大型油气区:胜利油田,大港油田,辽河油田,华北油田,中原油田和河南油田。目前,这些地区的探明原油储量占总探明储量的 68%,产量超过了全国总产量的一半。但是,这些成果的获得并非一帆风顺,而是走了一段长期曲折的道路。在华北地区勘探的早期阶段,注意力集中在西部的临清拗陷和开封拗陷。一般认为华北平原的西部位于区域重磁异常的较高

部位,是油气聚集有利地区。1956~1960,钻探了6口井(华1~6号井),除了开封凹陷的华2井,其它井都钻在古隆起上。这6口井都没有见到任何油气显示,在中生界和新生界地层内也没有见到烃源岩层。此后,勘探工作开始转向西部。西部地区沉积岩较厚,凹陷较深。1960年,在济阳凹陷开始钻探第一口井——华7井,它位于惠民凹陷的沙河阶构造上。在这口井的沙河阶组内发现了烃源岩,这是在油源方面的一个突破,大大增加了渤海湾地区油气潜力的评价。1961年4月15日,东营凹陷的华8井喷出原油,原油产量为8.1t/d。从在华北地区开始钻探到获得工业性油流,一共花费了5年时间(1956~1961)。经过重复的实践,我们认识到在断陷盆地区勘探,区域勘探中首要的工作是确定油源凹陷。1964年下半年,经过深入的分析和研究,成功钻探了2口井坨11井和坨9井,均获高产,发现了胜利村含油区。这一事件是中国石油工业的里程碑,标志着胜利油田的发现。胜利油田是我国第一个在断陷区发现的大型高产油气田。经过越来越深入的实践和认识,1968年在突起上发现了孤岛油田。从1968~1978,在济阳凹陷的勘探全面铺开,发现了一系列的油田。储量持续上升,年产量达到约2000万t。

1978~1981,胜利油田的产量曾经下降,这一事实曾一度影响了渤海湾含油气区油气远景的评价。1981年,在原石油部的组织下,地质学家们总结了济阳凹陷勘探历程中的教训和经验以及断陷盆地的石油地质规律。提出济阳凹陷复合油气聚集区的概念,认为济阳凹陷油气分布与沉积凹陷和烃源岩的分布有紧密联系。这些新认识进一步加速了济阳凹陷以及渤海湾盆地的油气勘探。在第六个“五年计划”期间,通过使用复合油气聚集区概念发现了一系列的油气田,在浅海地区的油气勘探也获得了新的突破。1991年底,胜利油田的原油年产量达近3400万t。目前,渤海湾盆地海上在上第三系获得了重大突破。预计至2005年渤海海上油田产能建设将达2000万t左右。

从渤海湾的例子可以看出,我们应该从过去的勘探历程中吸取经验。在新的实践过程中持续不断的总结经验和克服各种困难,不断探索新的油气分布规律。中国的石油工业已经走过了半个世纪,但是我们面临的重大问题仍然是石油勘探问题。只有坚持不懈地勘探,才不断有新的发现。

3. 世界石油工业发展历史给予我们的启发

20世纪60~70年代,世界上曾流行石油储量短缺,石油工业很快将走入穷途的预言。其主要依据为:(1)世界石油消费量在1950~1970年的20年间增长了3倍,平均年增长率达15.6%;(2)若按7.5%的历史平均年增长率计算,本世纪最后30年(1971~2000年)的石油总需求将达到828.6亿t,其中2000年的需求为115.7亿t;(3)从1859年石油工业时代开始到1970年,全世界共消费了571.4亿t石油,而1971年的探明储量仅为742.9亿t。为了满足预测的需求增长并维持起码的储采比(15年),在2000年前大约还需新增5714亿t储量。很显然,这是不可能的。正是石油供应很快就将枯竭的悲观论调,助长了70年代的油价上涨。

然而,1970年以后世界石油工业的发展史完全否定了这种悲观论调。在1971~1996年的26年里,世界石油总产量仅为828.6亿t,预计到2000年,这一总产量可能仅为857.1亿t。但在26年里,新增储量达到1642.9亿t。到1997年初,全球石油探明储量已由1971年的742.9亿t上升到1571.4亿t,储采比由28.3提高到43.1年。世界并未按60、70年代的预测而逐步进入石油短缺时代,而是在供需平衡中稳步前进。

虽然石油储量在持续增长,勘探开发技术也在不断进步,但目前世界上仍有相当部分人认为石油并未摆脱储量不足的危机。其原因是对储量的增长忽视动态变化、技术及经济因素的作用。近30年来,世界石油工业的发展,可以给我们以下的启发:

①这一时期通过已知油田再评价而增加的储量远超过了新发现的储量。尤其是许多非欧佩克国家广泛采用了新的油藏评价方法和先进的生产技术,使可采储量不断增加。这在北美、北海和其他一些工业化国家表明得最明显;

②世界上还有近100个新区的沉积盆地基本上未经勘探,其原因有地理位置偏远等因素,但最根本原因是缺乏在这些地区从事风险勘探的动力;

③天然气的探明储量快速上升,由1971年的40万亿 m^3 上升到1996年底的近150万亿 m^3 ,储采比也由30年上升至62年;

④除了加拿大的Athabasca焦油砂和委内瑞拉的Orinoco重油带,估算储量达5.7万亿t的世界非常规石油资源基本尚未开发。

技术进步的积极作用不但在北美、西欧等成功

地区将继续加强,而且还将扩大到其他地区,特别是欧佩克各国、俄罗斯和中亚各产油国。这一因素所推进的储量增长估计至少可维持 30 年。如果加上新的石油发现,世界常规石油的最终可采储量有可能达到 4300 亿 t。扣除已采出的 1400 亿 t,剩余 2900 亿 t 足以使世界石油工业持续发展发展到 21 世纪。此外,由于对环境保护的日益重视,以天然气替代石油的趋势正日趋加强。1987~1998 年的 10 年间,全球天然气消费量增长了 25%,远快于石油的 12%。丰富的天然气资源,将大大缓解对石油需求的压力。因此,世界石油工业无论从储量或资源前景分析,还是从环境因素对石油消费的限制来看,世界石油工业在 21 世纪将继续持续的发展。

中国近 30 年来的石油工业发展历史,同世界石油工业的发展具有类似的特点。老油田新储量、新区勘探、丰富的天然气资源和非常规石油资源以及技术进步这些因素必将使中国的石油工业在 21 世纪持续发展。

未来勘探领域

中国陆上可采资源量的潜力是较大的,从勘探程度分析可知中西部地区勘探程度低,处于勘探早-中早期,是储量增长稳定上升期,勘探领域应是较广的。东部地区虽已处于勘探中期和中晚期阶段,但仍有一些领域需要进行探索。陆上油气勘探主要领域有前陆盆地、古隆起及大型隆起周围的地层岩性油气藏,古生界海相油气藏和渤海湾地区浅层次生油气藏等。这些领域都是今后需要加强勘探的对象。

1. 前陆盆地

前陆盆地是中西部油气勘探的重要领域,我国有 15 个前陆盆地。它们具有有利的板块构造环境和优越的油气地质条件。中国中西部板块构造演化有二个阶段:古生代以板块离散和会聚为特征,广泛发育板缘与板内盆地;中、新生代受远程碰撞影响,形成了造山活动带环绕稳定地块的构造格局,广泛发育板内陆相盆地。中西部盆地山前带均处于造山活动带与稳定地块的接合部位,多是古生代板缘盆地(被动大陆边缘)和中、新生代山前断陷或坳陷(前陆盆地)的发育地带。两类盆地的叠加以及多层系生储盖层的发育为成烃和成藏提供了优越条件。是我们今后西部找油气的主要领域。

我国前陆盆地的油气富集具有以下规律和特点:

①由于板块碰撞靠近造山带一侧至前缘地区,有较好的油气运移和保存条件。前陆盆地区沉积速率高,沉积较厚,以粗粒岩相为主。山前为还原环境,有机质丰富并易于保存,对于油气的生成和保存有利。

②沉积条件由造山带边缘向盆地内部也表现为有规律的变化,岩石逐渐变细,孔隙度和渗透率也随之有所变化。前陆盆地沉积相带分布广泛,烃源岩发育,而且生储盖层频繁交互成层利于成藏。

③山前凹陷逆冲断层上下构造高点不符合。下构造层由于圈闭保存条件较好,并且孔渗性的改善,极易成藏。国外扎格罗斯山前、落基山前陆盆地,国内勘探成功的库车坳陷、淮南、崑崙山以及川西地区都表明了这一油气成藏特点。

④逆冲构造在山前地带普遍出现,前陆盆地既有紧密褶皱成排成带的背斜构造,又有宽缓的巨大背斜,还有地层超覆、退覆与尖灭等,具广泛且类型众多的圈闭条件。

⑤造山带的逆冲构造一般为叠瓦状,从山前到台地形成时代由老到新,含油层位形成时代也相应早。由造山带向边缘隆起储集层层位逐渐变新。由于构造成排成带分布,靠山前一侧地层较陡,幅度大,面积小,物性好。朝前缘隆起方向地层较缓,构造幅度变小,面积相应变大。油气构造圈闭类型也存在有规律的变化。

⑥前陆盆地地温梯度比台盆区高,能加速生油母质的形成。如塔里木盆地台盆区地温梯度为 $2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,库车坳陷的地温梯度为 $2.4 \sim 2.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$;早、中侏罗世中西部地区形成一套区域分布广泛的富有机质煤系地层,被卷入前陆结构,在区域构造和热演化下持续成熟。

⑦中国的前陆盆地受碰撞远程效应的影响,沉陷最深部位也是烃源岩和厚层膏岩的沉积部位。以天山山前为例,在山前地带,新特提斯洋盆海水注入,后期为泻湖相沉积环境,形成了厚层的膏盐岩。它是一个滑脱层,同时是很好的盖层,保护了下部的油气圈闭。主滑脱层若为膏盐岩,由于上下岩石软硬程度不一,可以形成多种构造样式。

⑧石油和天然气在山前的分布表现出有序的特征。随着深度的加大,一般为油→油+气→凝析气,深凹区向台盆区随着深度的减小,又逐渐由凝析气