

塔里木盆地三大坳陷的含油远景

周朝济 姜建衡

(南疆石油会战第二钻井指挥部)

塔里木盆地面积56万平方公里,由北东、北西向两组断裂交切,形成并控制盆地菱形断块构造格局(图1)。

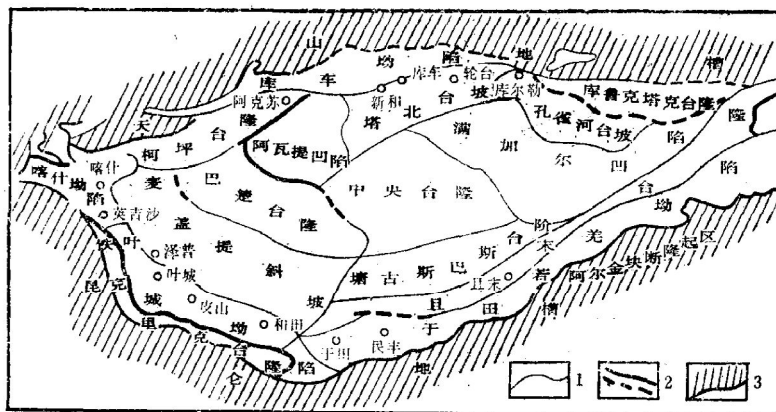


图1 塔里木盆地构造分区略图

1—构造单元界线, 2—断层, 3—坳陷边界

元古代末的塔里木运动,使塔里木固结而成地台。古生代,其南北两侧分别为昆仑和天山地槽,内部则为海相地台型沉积。古生代末的华力西运动,使海水从塔里木退出,其南北地槽回返褶皱成山,并以深大断裂与盆地分界,形成盆地周边的纬向构造体系。同时,盆地内部开始发育北东—北东东和北西—北西西两组基底断裂,形成正负相间的隆起与坳陷。中生代以特提斯洋壳与欧亚陆壳挤压为代表的印支和燕山运动,在塔里木表现为除库车和塔东坳陷外,普遍缺失三叠系;构造活动以断陷升降为主,但塔东坳陷可能为陆内裂谷环境。晚白垩世和早第三纪海水曾侵入西南地区;始新世晚期,印度板块与欧亚板块碰撞,特提斯海关闭。在挤压作用下,昆仑山和天山急剧上升,造成盆地内第三系的巨厚沉积,并使沉积中心由山前逐步向盆地内部转移,断陷转化为统一的坳陷。由于处在强烈的挤压环境中,构造愈近山前褶皱愈强烈,断裂逆掩愈发育,而向盆地中心则变化相反。板块碰撞时产生的挤压和扭动,使盆地边缘或内部产生压扭断裂,导致低序次的褶皱成正、反S型或雁行排列。

盆地内有三套生油岩系:石炭系—下二叠统主要是一套分布广泛的海相碳酸盐岩和碎屑岩;上三叠—中下侏罗统分布在山前坳陷和塔东地区,是一套陆相含煤生油建造;上白垩统—下第三系限于盆地西南地区,为海相碳酸盐岩与泥岩互层。据中国科学院兰州地质研究所的分析研究,侏罗系暗色泥岩厚度大,有机质丰度高,转化程度好,而且正处于生油阶段,但分布范围较局限;石炭系—下二叠统的碳酸盐岩与暗色泥岩虽然有机质丰度低,但分布广,厚度大,其生油气潜力最大;上白垩统—下第三系的生油岩分布局限,有机质丰度低,厚度小,从目前已取得的资料来看,是不太好的油层。

由于盆地面积大,上第三系沉积巨厚(最厚达8000—10000米),自然地理条件差,因此目前勘探

程度还很低。本文仅对盆地内三个主要地区的含油气远景予以评价。

一、西南坳陷区

西南坳陷区由喀什坳陷、叶城坳陷和麦盖提斜坡三个构造单元组成。

西昆仑和天山在二叠纪晚期褶皱成山后,本区中生代以断陷沉积为主,但缺失三叠系。晚始新—渐新世发生的喜马拉雅运动第一幕,印度板块与欧亚板块碰撞,导致了盆地周边山系的强烈隆起,同时西昆仑开始形变为帕米尔弧,逐步封闭了塔里木盆地西端,使断陷转化为坳陷。本区巨厚的新生界沉积、沉积中心的转移、断裂活动和构造格局的展布,都与这一运动息息相关,上述诸因素又对油气的运移、聚集和分布起控制作用。

(一) 西南坳陷区构造应力场与局部构造展布的特点

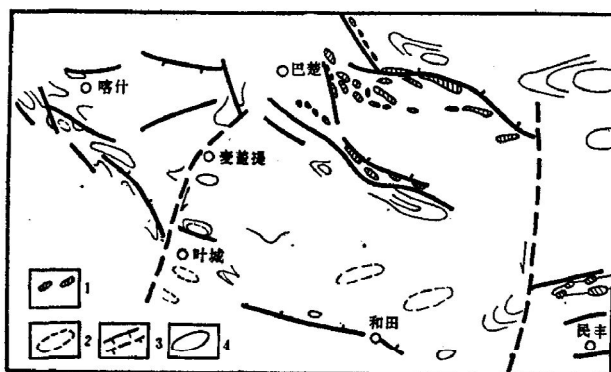


图2 塔里木盆地西南坳陷区断裂及局部构造重力异常显示图 (据张跃荣, 1980, 略改)

- 1—线型链型磁异常, 2—局部弱磁异常,
3—重力异常陡变带, 4—局部重力高

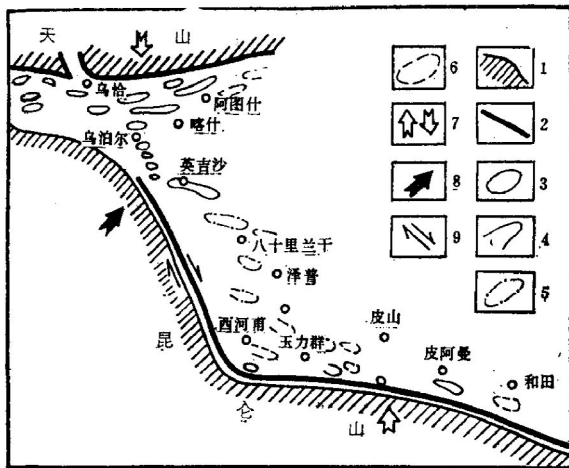


图3 西南坳陷区构造应力场及局部构造展布图 (据江圣邦, 1981, 略改)

- 1—周边山系, 2—地表断裂, 3—地表背斜构造, 4—地表鼻状构造, 5—航磁局部构造, 6—地震局部构造, 7—压应力, 8—扭应力, 9—压应力

原来东西向延伸的西昆仑形变为帕米尔弧, 该弧呈反S型展布的特点, 是由印度板块与欧亚板块强烈碰撞这一水平运动而在本区产生的顺时针扭动应力场形成的。例如重磁力资料已发现, 齐姆根、铁克里克、北民丰本是反映地块前缘的重力高带, 却被强行拉成三段, 西段齐姆根和东段北民丰重力高的轴线, 相对中段铁克里克重力高轴线向北错位100—130公里, 而中段铁克里克重力高则向相反方向滑动。叶尔羌河从泽普至色力布亚段, 重力异常线发生明显的转折改向; 磁力异常轴线错位40—50公里(图2)。这些现象不是孤立存在的, 它是两板块碰撞所产生的水平挤压力作用于塔里木陆块内部的必然结果¹⁾。

西南坳陷区应力场的分布, 主要受三条断裂的影响。北部天山和南部昆仑山前各有一条平行于山系呈东西走向的压性断裂, 西侧沿帕米尔弧东缘北西西向延伸的断裂则是压扭性的。它们不仅控制了坳陷的边界, 而且与其活动有关的应力场, 也决定了喀什坳陷、叶城坳陷内低序次构造展布的特点(图3)。

喀什坳陷划分为三个二级构造带: 前天山背斜带、前昆仑山背斜带和东喀什背斜带。前二者因靠近山前, 主要受挤压力控制, 褶皱紧密, 线状, 平行于老山边界, 轴部出露侏罗系、白垩系或下第三系—上第三系中新统; 后者主要是受西部压扭断裂控制, 褶皱向西收敛, 向东展开, 成右列雁

1) 张跃荣, 1980, 塔里木盆地重力场与盆地结构初步探讨。

行,形态为长轴箱状,轴部出露上第三系。

叶城坳陷发育有三排构造,其中第一、二排早期主要是受昆仑山挤压力控制,所以仍具有断裂较发育、褶皱强烈、线性和南翼缓北翼陡等特点。早第三纪末的喜山运动,西昆仑向北顺时针右旋转动,叶城坳陷在压扭断裂作用下,三排构造呈左列雁行排列,向西撒开,向东收敛,单个构造的轴线也明显向北西扭动。由于压应力发生的时间早于压扭应力,而压扭应力又从西向东减弱,所以叶城坳陷还有每排构造东高西低,出露地层东老西新的特点。

从以上分析看出,两个坳陷内的构造靠近山前者形成早,远离山前者形成晚;主要受压应力作用形成的构造早于主要受压扭应力形成的构造。

(二) 西南坳陷区形成次生油藏的地质条件

本区发育有三套生油岩,根据油源对比研究,喀什坳陷产自克拉托背斜和杨叶背斜中新统的油苗和原油,可能来源于侏罗系的陆相油源岩;叶城坳陷柯克亚油田中新统产层的原油是一种高成熟度的原油,可能来自石炭系一下二叠统的油源岩。因此认为不管是广泛分布在本区第三系的油苗,还是井下上第三系产出的原油,都是从下伏油源岩或构造中运移上来的。

本区不生油的上第三系沉积巨厚,遍及全区。据地震资料,喀什坳陷上第三系的沉积中心在喀什附近,厚达一万米。叶城坳陷由于昆仑山的不断隆起和帕米尔弧由南向北推进,第三纪沉积中心由南向北逐步转移,早第三纪沉积中心在固满以南,晚第三纪早期在固满一线,晚期则转移到固满构造以北的叶城—皮山公路附近。上第三系在沉积中心厚达八千米,由于该系沉积太厚,使我们在这一地区的绝大部分地带不能钻达深埋地下的原生油气藏,而只能钻探以上第三系为目的层的次生油藏,其中有的原油还可能是二次生油形成的。

断裂活动对形成次生油藏是至关重要的,它不仅破坏原生油藏,同时也可能是油气运移到次生油藏的通道。当然,并不排除别的地质因素也可使油气向上运移。还应指出,在构造还没有形成时,过早和剧烈的断裂活动对次生油藏的形成则是不利的。

叶城坳陷柯克亚油田显然是一个次生油藏。柯克亚油田的构造特点及其发育史最能说明形成这类油气藏的地质条件:其一,该油田构造北翼发育有断裂,自下第三系断至中新统中下部,但没有断开盖层,而下伏石炭一二叠系断层多达五条,这些都是油气运移的通道。其二,油田构造形成于中新世早期,这时下伏侏罗系或石炭一二叠系生油岩的埋深约2500米左右,大致进入生油门限;以后随着中新统的继续沉积,生油岩的埋深加大,而背斜构造幅度也在加大,不断生成的油气源源运移到圈闭中来。其三,据地震资料,下伏石炭一二叠系构造与上覆中新统储集层构造基本一致,下伏构造的油气会通过各种方式运移到上覆构造里。

(三) 油气远景评价

西南坳陷区生油岩系主要是石炭系一下二叠统,其次是山前局部分布的中、下侏罗统和海相上白垩统一下第三系。印度板块和欧亚板块的碰撞对本区的油气生成、运移、聚集和破坏都产生巨大的影响。首先,与板块运动密切相关的第三系沉积使生油层埋深已处于生成天然气和凝析油气阶段,导致勘探目的层——中新统在一些地区埋深增大,可供勘探的范围大为缩小;其次,板块碰撞的压应力和压扭应力形成了不同类型的构造,各处构造形成时间有早有晚,导致生油、运移和储集条件在时间和空间上有不同的配置。兹分区评价如下:

1. 叶城坳陷第三排构造受上一更新世喜马拉雅运动第二幕的影响较大,构造形成晚,而且靠近上第三系沉积中心,盖层厚度过大,这些都是形成和寻找油气藏的不利因素。第二排构造一般都形成于喜山运动第一幕和第二幕,构造与断层互相配置,构造具继承性,上下构造基本一致,其形成时间早于大量二次生油时间,而且是在压扭应力作用下形成的构造,因此是有利的油气储集带,柯克亚油田就在这排构造带上。第一排构造带形成早,破坏较严重,但生、储油层埋藏较浅,仍是寻找原生油藏的有利地区。

喜山运动中,由于天山向南的侧压力,这些正断层转化为逆断层,断陷发展为坳陷,沉积中心越过苍木兹吐克断裂向南逐步转移,并沿各条断裂形成四排构造带。

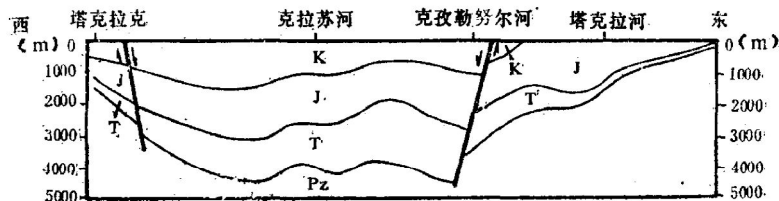


图5 库车坳陷北部古构造示意剖面图

第一排属单斜构造带,展布范围小,三叠—侏罗系生油岩已全部出露,油气已经散逸。

第二排为线型背斜带,它东起吐格爾明,西至吐孜玛扎以西,背斜大多为线状,南陡北缓,南翼为断层所切割。本带发育的吐—喀断裂,吐格爾明至依奇克里克为一支,往西分两支,北支切割巴什基奇克和库姆格列木背斜,南支切割吉迪克和喀桑托开背斜。

本带东段的依奇克里克油田,轴部出露上侏罗统齐古组,有三个高点。该构造在早白垩世燕山运动第二幕即已抬升,对油气聚集有利。油田背斜南翼为吐—喀断裂所切割,西高点断层通过轴部附近,使其油气富集量大少于东部两个高点。

第三排是秋里塔克背斜带,背斜形态为长轴箱状,南陡北缓。苍木兹吐克断裂在其南翼通过。这条断裂带上,油气苗显示丰富,如日产几十公斤的康村和基里什油苗。该断裂带正处于中生代沉积中心的南缘。

第四排是南部平缓褶皱带,多为短轴背斜,两翼平缓。从地震资料看,有可能是第三系直接覆盖在古生界基底上,例如亚肯背斜钻深 5390 米只揭穿老第三系顶部。

本区新生界与中生界两个构造层上下不符合,例如地震发现喀桑托开和库姆格列木两背斜之间的向斜部位潜伏着中生界的断块隆起,东部在依奇克里克与东秋里塔克两背斜之间的向斜深部也有类似的情况(图6)。

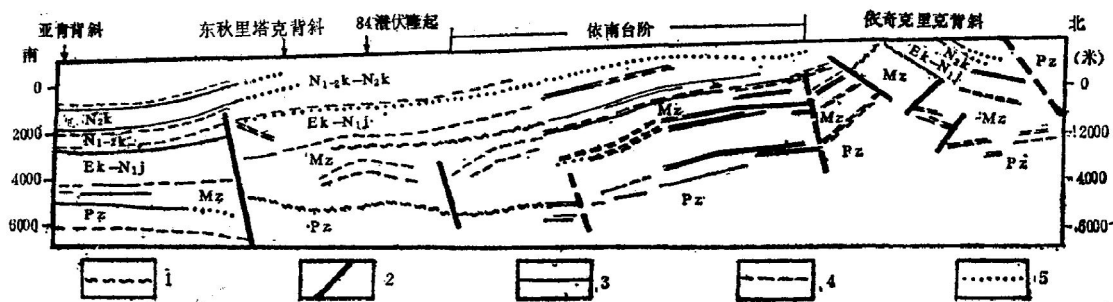


图6 库车坳陷 78—84 地震剖面图

1—不整合界线, 2—断层线, 3—可靠地震反射界面, 4—较可靠地震反射界面, 5—参考地震反射界面

造成中、新生界构造不符合的原因是复杂的: 其一, 中生界主要受燕山运动影响, 以断裂活动为主, 因固结早且深埋地下, 喜山运动的水平挤压力对其影响有限; 而新生界形成晚, 多为柔性, 并强烈受水平挤压作用。其二, 两者沉积中心不一致。从中生代至新生代沉积中心由北向南转移。其三, 本区第三系苏维依组 (E_3-N_1s) 发育的盐层, 在水平挤压下产生的塑性流动, 多形成盐丘或盐背斜, 上覆岩层沿盐层向南滑动, 例如东秋里塔克背斜经钻井证实地下盐层高点在地面背斜轴北 2 公里处。

综上所述, 提出以下勘探原则和方向:

1. 预计油气应富集在地表第二排和第三排构造之下的中生界潜伏构造里。根据石油生成理论,

这里的生油门限大致是 2500 米。因此, 库车坳陷侏罗纪生油岩大量生油期, 应该是第三纪初或白垩纪末, 这一时期也正是库车坳陷受喜马拉雅运动的影响而形成构造的时期, 地表第二排构造与第三排构造之间的地下潜伏构造, 南部为侏罗纪的沉积中心, 北部又有吐 - 喀逆断裂阻挡油气向北高部位运移散失, 因此是油气储集最有利的场所。

2. 本区西部发育的第三系盐丘和盐背斜, 过去因盐构造复杂而未引起重视。其实, 盐运动只能使上覆地层构造复杂化, 对下伏的中生界构造并未产生影响。无疑, 只要查清盐层之下的中生界构造, 也是有希望找到油气的。

3. 对于坳陷与天山地槽接触的北布古鲁大逆掩断层, 过去一般都认为它就是中生界的沉积边界。准噶尔盆地西缘大逆掩断层之下找到众多的油藏的经验, 颇值得我们借鉴, 即所谓老山下有被淹没的沉积盆地。例如, 北布古鲁断裂在克孜勒努尔沟东侧, 古生代地层直接逆掩在第四系西域砾岩组 (Q_4x) 之上, 克孜勒努尔沟西侧的北单斜带却露出了全部中生界; 东侧逆掩了 10 余公里。通过一定的探索, 我们有可能在逆断层下盘, 发现中生界的生储油层和含油气构造。

三、塔东坳陷

塔东坳陷面积约 12 万平方公里。主要包括两个构造单元, 即西北部的阿瓦提凹陷和东部呈北西走向的满加尔凹陷, 两者之间夹一西北走向的跃进一号长垣。有人将塔北台坡和孔雀河台坡也划入塔东坳陷。

阿瓦提凹陷是一个以阿瓦提为中心的重力低区, 面积两万余平方公里。据地震资料, 寒武-奥陶系基底埋深 12000 米以上, 中新世和古生界各厚 5000—6000 米。凹陷内地层平缓, 厚度变化很小, 无明显的沉积中心。T₃ (第三系底) 反射界面以下有一组厚约 400 米能量强、波形稳定的反射波组, 其时代相当于在跃进 1 号长垣西北缘所钻的跃进 1 井 4063—4570 米和在沙参 1 井的 4137—4710 米那套侏罗、三叠系¹⁾。

据阿瓦提凹陷和塔北台坡地震解释, 阿瓦提凹陷石炭系厚 2000 米, 往东至柯吐尔重力高为 900 米, 跃进 1 井处为 600 米, 至库尔勒缺失; 三叠系在阿瓦提凹陷断层下盘厚 3600 米, 往东至雅克拉重力高为 200—300 米, 至轮台缺失。显然, 石炭一二叠系从阿瓦提凹陷向东迅速减薄。相反, 阿瓦提凹陷的三

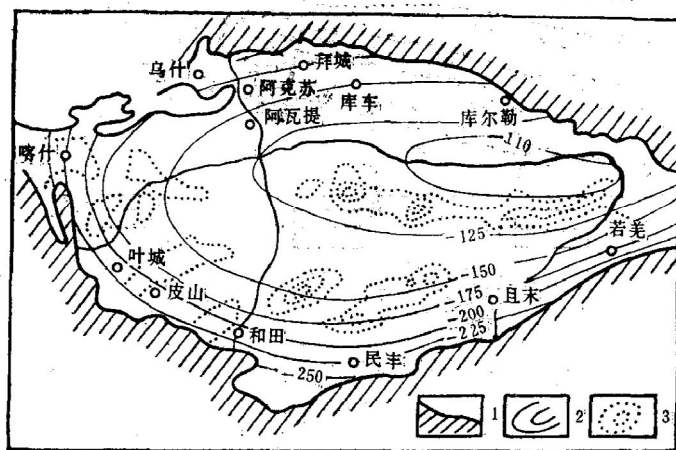


图 7 塔里木盆地区域重力磁力异常叠合图

1—盆地边界, 2—重力异常等值线 (毫伽), 3—磁力异常

叠—侏罗系厚仅 400 米, 向东至跃进 1 井处厚 1100—1200 米, 即由西往东加厚, 由此推算它们在满加尔凹陷的厚度可达 2000 米以上²⁾。另外, 在满加尔凹陷东缘所钻的铁南 1、2 井, 阿南 1 井和英 1 井都见到侏罗系, 其中阿南 1 井厚 600 米 (未穿)。因此, 推断满加尔凹陷发育有较厚的中生界。

北西西向的满加尔凹陷面积约 10 万平方公里以上, 是塔里木盆地地壳厚度最薄的地方, 大约不超过 41 公里。往周边地壳增厚, 并且接近山前时, 变化幅度急剧增大, 最

1) 李希滨, 1982, 对沙参 1 井跃进 1 井中生界地层时代划分的意见。

2) 蒋龙林, 1983, 通过地震解释对塔北地区的一些粗浅认识。

厚超过 60 公里。重磁力资料表明, 磁性基岩面的磁力异常与重力异常反映的莫霍面隆起最高位置基本吻合(考虑到磁化影响, 磁力高应北偏)(图 7)。同时, 结晶基底下凹最深的位置与莫霍面上拱的位置也相一致。由于地壳较薄, 地幔上隆, 应有较高的地热流值, 有利于干酪根热解成油。根据邻区库车坳陷上三叠统一侏罗系为一套生油层系, 并且已发现了油田, 在塔东坳陷边缘所钻的几口井中也发现了三叠一侏罗系的暗色泥岩, 因此, 本区广泛发育的一套侏罗—三叠系, 可能是一套生油岩。毫无疑问, 满加尔凹陷及其邻近的塔北台坡, 是极有希望的含油气远景区。

本文的库车坳陷部分承鲁晶老师指导, 图幅承王玉成同志清绘, 在此一并表示感谢。

(收稿日期 1983 年 4 月 4 日)

参 考 文 献

- [1] 黄汲清等, 1980, 中国大地构造及其演化。科学出版社。
- [2] 江圣邦, 1981, 塔里木盆地油气展望。石油地质文集(1)——区域评价, 地质出版社。
- [3] 周兴熙等, 1981, 塔里木盆地西南地区石炭系二次生油问题初步探讨。石油实验地质, 第 3 卷, 第 4 期。
- [4] 胡伯良, 1981, 塔里木盆地石油有机地球化学特征和油源问题探讨。石油与天然气地质, 第 2 卷, 第 4 期。

THE PETROLEUM POTENTIAL OF THREE MAJOR DEPRESSIONS IN TARIM BASIN

Zhou Chaoji Jiang Jianheng

(The 2nd Drilling Headquarters of South Xinjiang Petroleum Administration)

Abstract

In this paper, the writers point out that the development of stratigraphy and the tectonic characteristics of the Kashi subdepression, Yecheng subdepression and Maikaiti slope of southwestern depression of Tarim basin are controlled by the compressive and compresso-shaer stresses exerted from Tianshan and Kulun Mts. Secondary petroleum traps as Kekeya oilfield in Kashi and Yecheng subdepressions may be found in Neogene which measures 8,000—10,000m thick and various subtle faults developed below it are favourable in the forming of these traps. After a comprehensive study, the authors proposed that structures in the 2nd row from south of the Yecheng and Kashi subdepressions and Maikaiti slope are more promising in petroleum prospecting.

The Kuqa depression is formed mainly by Mesozoic differential block faulting and is filled with a series of coal seams and petroleum-generation source rocks. The Cenozoic compressive stress exerted from Tianshan Mt. gave rise to variety of tectonic features and discordance between Mesozoic and Cenozoic groups. Because of the absence of good Cenozoic source rock and the existence of unpermeable salt rocks at the bottom of it, the exploration work should mainly be carried out in the north of Changmzituk fault within areas where Mesozoic

rocks are well developed. Structures within the 2nd and 3rd rows from north and the footwall of the huge nappe of North Bygulu in the northern margin of this depression are also prospecting.

Geologically the research level of east Tarim basin is rather low, but it has a broad area and its source rock of Triassic-Jurassic is believed thicker than the previous depressions, therefore, it would be proved abundant in oil and gas.

四川天然气勘探和生产进入新的发展阶段

1979年以来,四川石油管理局以多拿储量为主要目标,以川东石炭系为重点,切实加强地质勘探和科学研究,大力推广新工艺新技术,天然气勘探和生产进入了新的发展阶段。

为了实现战略性重大突破,打开四川油气勘探新局面,在重庆相国寺构造石炭系获得工业性气流后,四川石油管理局迅速集中勘探力量,有步骤、有计划地对川东石炭系进行了重点勘探。经过五年多来的勘探和研究,现已初步查明川东石炭系的分布面积、区域分布状况和油气储集类型,发现了一批气田和含气构造,并在二叠系、三叠系也获得了较好的工业气流。最近,又在忠县石宝寨构造的二叠系长兴组找到了与生物礁有关的白云岩含气层,为进一步勘探提供了新领域。四年多来,川东地区新找到的地质储量为过去23年探明储量的119%,勘探成功率由5%提高到72%,天然气产量以每年20%的速度递增,成为全川天然气生产的主要基地。川南、川西南的二次勘探也有新的发现,获得了一批新气井和新气藏。在古老的自流井气田上,以寻找次生气藏为目的,在构造外围鞍部打出了气井,为老气田焕发青春开辟了道路。

近几年来,四川石油管理局大力引进先进技术设备,努力实现地震技术装备的更新换代,加强地震勘探。现在,该局70%以上的地震队配备了数字地震仪,有些队还装备了红外线测距仪,地震钻机也正向轻便化方向发展。在勘探方法上,采用了多次覆盖施工的方法,使野外信息采集道比旧法提高了2.1倍。四年来,共作地震剖面23817公里,占过去30年总和的四分之一以上,资料合格率达到99.7%,一级品率达90%。为了提高地震信息的处理速度和质量,还引进了PDP/45和雷森1704电子计算机,并开展了陡构造形态的研究,作出了10.8万平方公里范围的二叠系阳新统顶界连片构造图,较准确地反映了全盆地区域构造面貌。列为国家重点科研项目的横波勘探方法研究也在川中获得试验成果,为在四川气田开展纵横波联合勘探和直接进行油气监测提供了新的途径。

在地质科学研究方面,该局加强了科研力量,充实了一些科研和分析化验设备,取得了较好的科研成果。四年来,完成科研项目75个,其中8项获得石油工业部、四川省的优质科技成果奖。在四川盆地碳酸盐岩油气资源评价的研究工作中,科研人员围绕评价目标的油气资源量、勘探把握程度大小等两个关键问题,参考和引进了威尔逊沉积相模式、罗伯丁理论和蒙特卡洛技术,进行了碳酸盐岩沉积相在空间和时间上的演变及其储采条件的关系、有机质成熟度的演化史等十一项专题研究,初步建立了一套评价油气资源的科学方法,对盆地的油气资源量进行了预测,为制订四川天然气工业的发展规划提供了科学依据。在碳酸盐岩储集层特征的研究上,科技人员针对这种储层低孔、低渗、不均质的特点,使用电镜扫描、铸体、压汞、光谱、质谱等多种分析手段以及数理统计、地质力学、数值模拟等方法,在分析研究储层的岩性、物性、电性与含油气性的基础上,进行了储层分类,分析了局部构造的变形特征与裂缝发育的关系,研究了构造裂缝的发生发展,探讨了构造裂缝岩块圈闭的形成机理,预测了产层构造的纵张裂缝发育带及其产能的大小。这一科研成果,对提高布井工作的针对性和勘探成功率、制订科学合理的开发方案,都具有重要的指导意义。

四川油气资源丰富,已发现的构造还有半数以上没有钻探,深部油气藏普遍没有打开,勘探前景还非常广阔。目前,石油部门在继续以川东石炭系的整体勘探为主攻方向,并在川南、川西南等老气区寻找新气藏和接替气田的同时,积极开展对川西、川西北和龙门山一带的区域勘探,准备后备战场,力争在1990年实现储量、产量双翻番。

(王旭 张子枢)