

胡文瑞
主编

CHANGQINGYOUTIANYOUQIKANTANKAIFAXINJISHU



长庆油田 油气勘探开发

新技术

石油工业出版社

长庆油田油气勘探开发新技术

胡文瑞 主编

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

长庆油田油气勘探开发新技术/胡文瑞主编.
北京:石油工业出版社,2002.7
ISBN 7-5021-3799-8

I. 长…

II. 胡…

III. ①低渗透油层-油气勘探-新技术

②低渗透油层-油田开发-新技术

③低渗透油层-气田开发-新技术

IV. ①P618.130.8②TE3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 038943 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
河北省徐水县印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×960 毫米 16 开本 19.375 印张 496 千字 印 1-1000
2002 年 7 月北京第 1 版 2002 年 7 月河北第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3799-8/TE·2769
定价: 42.00 元

主 编 胡文瑞

副主编 何自新 金忠臣 王道富

编 委 杨 华 闵 琪 黄汝芝 刘海浪

李忠兴 方仲祥 张明禄 雷 群

金贵孝 付金华 吕运能 荣春龙

前 言

进入新世纪，长庆人以“重新认识鄂尔多斯盆地、重新认识长庆低渗透、重新认识我们自己”和“重翻老资料、重上老区、重上露头”的认识论和方法论为指导，加大了油气勘探开发的力度。继靖边大气田投入开发以后，在总结经验的基础上，又在内蒙古苏里格庙地区找到了特大型天然气田，天然气累计探明储量超过 $1 \times 10^{12} \text{m}^3$ ；石油勘探在安塞油田外围、志靖地区、吴旗地区又获重大突破，陕北地区达到 $10 \times 10^8 \text{t}$ 地质储量已指日可待；为长庆石油和天然气生产奠定了雄厚的物质基础，油气年生产能力即将突破 $1000 \times 10^4 \text{t}$ （油气当量）。

上世纪末，长庆人认真总结了鄂尔多斯盆地油气勘探开发理论与技术，几代石油人在这个古老的盆地上积累和形成了低渗透油气田“六大油气勘探开发理论”、“四种油气田开发建设模式”、“十一项主体技术”和“十项技术政策”。在世纪之交的时候，长庆人继往开来，不断深化对鄂尔多斯盆地的地质认识，完善油气勘探开发理论，不断创新和发展适用技术，使勘探开发技术日臻配套、完善。从而在战略突破区寻找富集区，在战略侦察区开拓勘探新领域，在战略合作区吸引国外投资、引进先进技术和管理办法，在战略准备区提供产能建设区块、不断扩大生产规模；在油气田开发上加强油气藏前期评价，完善开发技术政策，大规模采用超前注水、小井眼开采等技术，油气田开发的整体水平进一步提高。

在 2000 年出版《鄂尔多斯盆地油气勘探开发理论与技术》一书的基础上，现将长庆近年来在低渗透油气田勘探开发实践中形成的新技术编纂成册，编辑出版这本《长庆油田油气勘探开发新技术》，以供油田科技人员学习参考。

编 者

2002 年 1 月

目 录

地 质 勘 探

- 苏里格气田成藏地质特征及勘探技术 席胜利 包洪平 孙六一 (3)
- 陕北地区 $10 \times 10^8 \text{t}$ 规模储量的地质评价及勘探技术
..... 喻 健 宋江海 杨新生 (17)
- 陇东地区三叠系延长组长₆—长₈ 沉积体系研究及勘探目标评价
..... 付金华 郭正权 邓秀芹 刘显阳 (28)
- 靖边—安塞地区长₂ 油藏富集规律与有利区预测
..... 崔攀峰 杨秋莲 王 力 李俊平 (39)
- 成像测井技术在长庆低渗透油气藏勘探中的应用
..... 付金华 石玉江 侯雨庭 姜英昆 (53)
- 隐蔽性油气藏储层物性与含气性预测技术及其应用
..... 王大兴 夏正元 (73)

油 气 田 开 发

- 低渗透油藏优化布井技术 史成恩 屈雪峰 李 健 雷启鸿 (93)
- 陕北长₂ 高水饱油藏开发技术 郭玉宏 朱圣举 (109)
- 安塞油田长₆ 油层注采调整技术 戴亚权 靳文奇 李宇征 (121)
- 靖安五里湾一区长₆ 油藏高效开发注采调控技术
..... 程启贵 高春宁 王德玉 (134)
- 陇东地区侏罗系出油井点滚动开发技术
..... 黄红赤 宋广寿 杜寻社 魏红玫 张富田 (147)
- 马岭油田中三区控水稳油技术
..... 李建廷 李兆明 刘一仓 王银珍 令永刚 (159)
- 靖边气田下古生界气藏产能分析与稳产对策
..... 张明禄 卢 涛 李元觉 李跃刚 达世攀 (167)

工 艺 技 术

- 长庆天然气井分压分试分层采气技术
..... 付钢旦 王效明 徐 勇 桂 捷 (183)

上古生界低渗砂岩气藏压裂工艺技术新进展

..... 雷 群 赵振峰 慕立俊 李宪文 陈宝春 陆红军 (197)

长庆低渗致密油层压裂工艺技术

雷 群 赵振峰 管保山
慕立俊 马 旭 刘兴银 曹 丽 罗凤杰 (209)

陇东油区新型适用增产增注工艺技术应用研究

..... 陈述治 裴润有 吴宗福 王克信 姚晓翔 蒋志辉 (226)

小井眼定向井采油配套工艺技术

..... 雷 群 邓德军 黄 伟 郭方元 黎晓茸 柴小军 (239)

油水井地层深部结垢防治技术

马广彦 吕小玲 (249)

安塞低渗砂岩油藏高效增产工艺技术

..... 曾亚勤 王亚平 石道涵 靳文奇 黄 远 (263)

底水油藏化学堵水技术

..... 曹建坤 杨生柱 张宏强 何 江 (277)

“功图法”油井单井计量技术

..... 邓德军 黄 伟 郭方元 杨 瑞 (285)

延长油井检泵周期的配套工艺技术

..... 常彦荣 郑明科 张兴华 陈宏涛 田启武 (293)

地 质 勘 探

苏里格气田成藏地质特征及勘探技术

席胜利 包洪平 孙六一

(长庆油田公司勘探开发研究院)

摘 要 苏里格气田位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡,属典型岩性气藏。气藏圈闭形态受控于辫状河形成的厚度大、颗粒粗、横向大面积复合连片的砂体,东部上倾方向为河间泥岩遮挡,北部高部位为相变致密岩性遮挡。厚度大、颗粒粗的主河道砂体以及同期火山物质充填造就了后期火山物质溶蚀形成的以次生溶孔为主的高孔渗砂岩储集体。以砂体为勘探目标的勘探思路,沿砂体解剖的布井方案,辅之以地震高精度砂体厚度综合预测与含气性检测、现代化测井评价技术、针对性的优化压裂和试气工艺以及钻井固井等勘探技术,开创了快速、高效探明河流—三角洲砂岩气藏的勘探模式。

苏里格气田地处内蒙古自治区伊克昭盟境内,勘探范围约 20000km²。地质构造隶属于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西部,是发育于上古生界煤系烃源层之上的、大型广布的砂岩岩性圈闭气藏,主力含气层段为二叠系石盒子组盒₈段和山西组山₁段河流相砂岩储层。

苏里格气田的发现可以回溯到 1999 年。在长庆气田西侧的苏里格庙地区区域甩开钻探中,苏 2 井在上古生界二叠系下石盒子组试出工业气流;向东追踪部署了桃 5 井,在上古生界石盒子组盒₈段发现了中高渗透石英砂岩储层,含气性好,试气获得 $26.1726 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的工业气流(无阻流量),从而拉开了苏里格大气田勘探的序幕。随后,对苏里格庙地区进行了整体部署和综合勘探。

从 1999~2001 年,苏里格油地区共完钻探井 39 口,完试 32 口井中 24 口井获工业气流,探井成功率达 75%。创造了快速、高效探明 $6000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 级特大型气田的范例。

气田成藏的地质特征

一、岩性气藏的成藏模式

苏里格庙地区处在盆地一级构造单元——伊陕斜坡上，总体为宽缓西倾的单斜构造，平均坡降 $3\sim 5\text{m/km}$ 。整体表现为东高西低、北高南低的特征；局部构造不发育，对本区天然气的聚集成藏不起决定性的控制作用。

随着苏里格庙地区天然气勘探的不断深入和资料的积累，对上古生界砂岩气藏地质综合研究表明，该区盒₈、山₁气藏是大面积分布的岩性圈闭气藏。气层的分布只受储集砂体的控制，而与其所处的构造部位无关，构造高部位与低部位均有气层的分布。

气层受控于近南北展布的砂体，在东西两侧由泥岩构成遮挡封闭。南北方向上，向南砂体入湖减薄、尖灭；向北通常是勘探不断追踪气藏的方向，但勘探和研究确认，沿砂体走向向北的上倾方向存在致密成岩遮挡。如在苏里格庙北部甩开钻探的苏27井、苏26井、苏32井，虽然亦钻遇盒₈石英砂岩储层，但砂层物性变差，含气性也明显变差，试气情况不理想。

研究认为：

(1) 该处沉积时期位于冲积扇体系的扇端区，由洪积作用形成的沉积物以相对较细的含泥中细砂为主，分选性也较差，易于在埋藏成岩作用中受强烈压实作用改造而形成致密岩。

(2) 该处是冲积扇向扇状河水系的过渡区，河流沉积作用以“过路”沉积为主，受分选改造的河道砂质沉积物相对较薄。这种薄层的砂质沉积物，由于沉积速度慢，在早期的近地表浅埋藏成岩过程中，长期处于地下水潜水面附近，易于被早期的钙质（及硅质）胶结作用致密化。

(3) 在该处以上部位的冲积扇区，水流作用以面状水流（片流）作用为主，深切水道并不发育，而从该处向下开始，水道开始分叉，形成多水道且游荡性较强的辫状河水系，因而，在以上部位的沉积，在横向上以泥石流沉积和洪流沉积为主，受槽状水流长期搬运冲刷的河道砂体发育的数量及规模远不及辫状河沉积区。

因此，在苏里格庙北部为冲积扇体系向辫状河沉积体系的过渡区，发育致密岩性带，构成辫状河砂岩岩性圈闭体系的上倾方向遮挡。但是，越过该处向北进入冲积扇的扇中和扇根区，仍然会发育储集性较好的砂层。

二、圈闭形态特征

苏里格气藏为岩性气藏,圈闭形态受控于沉积环境控制下的砂体展布。鄂尔多斯盆地北部上古生界二叠系主要发育河流三角洲沉积,但不同的河流三角洲体系(如曲流河三角洲体系和辫状河三角洲)将形成不同规模、不同形态的气藏。

1. 沉积环境

沉积相研究和区域构造—沉积演化背景的综合分析表明,苏里格庙地区的主力储集层系盒₈段主要形成于辫状河沉积环境。砂体在横向上呈大面积复合连片分布,气藏规模巨大。根据如下:

(1) 苏里格庙地区靠近长期隆起抬升的乌兰格尔古陆,在下石盒子期,地形坡度相对较陡,具有发育辫状河水系的古地貌条件。

(2) 盒₈砂层表现为以中粗粒砂、含砾粗砂等以牵引总体为主的剖面结构特征,粉、细砂岩在剖面中所占比例甚少,总体反映为水流浅急,携砂能力强,冲刷—充填作用频繁交替的高强度湍流为主的河流作用特征,而在曲流河及网状河中,往往不具备这样的搬运能力。

(3) 在盒₈砂层的粗砂岩中,常常见由大颗粒(片状)云母片富集而成的微细纹层存在,它是在砂质沉积物大面积分布情况下,水流快速分散,云母片在中粗砂层表面沉积的现象,是以浅水、渗透性砂质底质为主的辫状河流域水流变化特征。

(4) 与盒₈砂层冲刷面直接接触的泥岩均以含植物化石的深灰色、灰黑色泥岩为主(尚未见具典型湖相水生动物植物组合的泥岩),反映河道主要发育在陆地的水上冲积环境中明显与三角洲前缘的水下分流河道沉积的特征不同。

(5) 盒₈段沉积具有较高的砂地比(一般可达50%~60%),而在曲流河沉积体系,中砂质沉积只占同期沉积的很少一部分。

(6) 盒₈砂体在横向上呈大面积复合连片分布,反映了辫状水系游荡摆动频繁、多水道毗邻发育的冲积作用特征。而在网状河沉积中,河道虽分支较多,但单个河道相对较为稳定,下切较深,在横剖面中,表现为砂体为泥岩分割明显,连片性差。

山₁砂体则总体表现为曲流河的沉积特征。首先,在层序上具明显的下粗上细二元结构特征,顶部粉细砂质在层序中占有较大比重。其次,山₁段的砂层结构多以单砂层为主,反映多期叠置、冲刷—充填的多砂层结构相对较为少见。另外一个较明显的特征就是砂体在横向上的连片性相对较差,主要为呈南北向的带状展布特征。

2. 砂体展布

从已有钻孔的资料分析看, 盒₈砂体总体呈南北向的带状分布趋势, 砂岩厚度一般在 20~50m, 宽度大于 15~30km; 砂岩厚带集中分布在苏 7 井—苏 15 井一带, 砂岩厚度 30~50m, 为一大范围砂体集中分布的沉积区, 此带向南砂体厚度多小于 30m, 且厚度变化较大, 呈薄带与厚带相间分布的趋势, 砂体连片性也总体较差, 表现出沉积环境向曲流河水系逐渐过渡的规律性变化特征。

因此, 苏里格庙地区盒₈段的辫状河冲积平原沉积体系是以砂质沉积占主导地位的沉积体, 粉砂及泥质沉积占同期沉积的较少部分, 苏里格庙中北部地区尤其如此。其河道沉积作用, 经历了反复迁移、纵横向多期叠置, 在数十公里的范围内, 沉积体已无明显的主河道与间湾的沉积相带分异。

山₁砂体横向连片性差, 带状分布趋势明显。平面上存在苏 5 井—苏 25 井、鄂 6 井—伊 7 井、陕 233 井—陕 163 井、苏 19 井—陕 182 井、苏 41 井—盟 6 井等多个间湾, 砂带上的砂岩厚度一般在 8~15m, 间湾中砂岩厚度 0~3m, 具明显的沉积相带分异; 厚砂层主要分布在苏 18 井—苏 26 井、陕 56 井—桃 7 井、桃 5 井—桃 3 井三个主要砂带上。

三、储层孔隙类型及其成因

1. 储集空间以孔隙为主, 裂缝只占储集空间的极少部分

苏里格庙地区上古生界砂岩储层的主要储集空间为各种类型的孔隙, 仅局部偶见少量微裂缝, 它只占岩石孔隙体积的很少一部分。岩心样品的孔隙度与渗透率相关性分析表明, 无论盒₈段还是山₁段储层, 其渗透率均与孔隙度呈明显的正相关关系(图 1)。说明, 渗透率的变化主要受孔

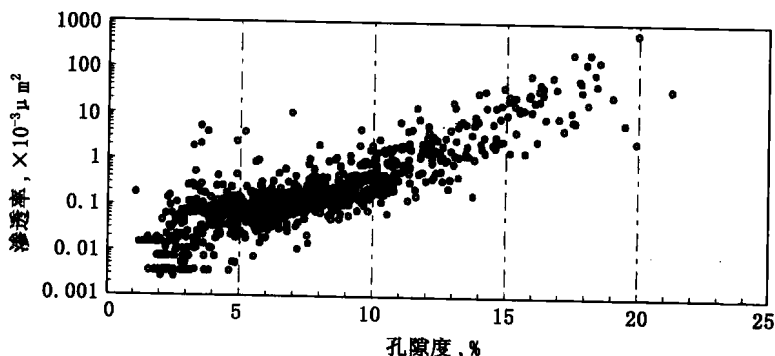


图 1 苏里格庙地区盒₈段砂层孔渗关系图

隙发育程度的控制,是孔隙型储层的重要特征。同时,大量的现场岩心观察及铸体薄片分析均未发现大量裂缝发育的储集层段。

2. 孔隙构成中,次生溶孔占主要地位

本区上古生界砂岩,由于埋藏深度大(地史期最大埋深在 3500~4000m 以上)、埋藏历史长(250~300Ma),经历了复杂的成岩作用改造。由于强烈的压实—压溶作用和胶结作用改造,使大部分的原生孔隙丧失殆尽(尤其塑性岩屑组分含量较高的含泥岩屑砂岩);而中晚成岩阶段的溶蚀作用又可形成部分溶蚀孔隙,使岩石的孔隙性得到一定程度的恢复。

铸体薄片的储层孔隙分析表明,本区主要储集层段(盒₈、山₁储层)的储集空间均以次生溶孔为主,原生孔隙在孔隙构成中居于次要地位(如图 2 所示)。在这里,原生孔隙主要指原生粒间孔(或残余粒间孔)和杂基内微孔;次生孔隙主要为次生溶孔、胶结物晶间孔、成岩收缩缝及构造微缝等。次生溶孔又可按其被溶组构类型进一步分为岩屑溶孔、长石(及角闪石等)单矿物颗粒溶孔、杂基溶孔及胶结物溶孔等。

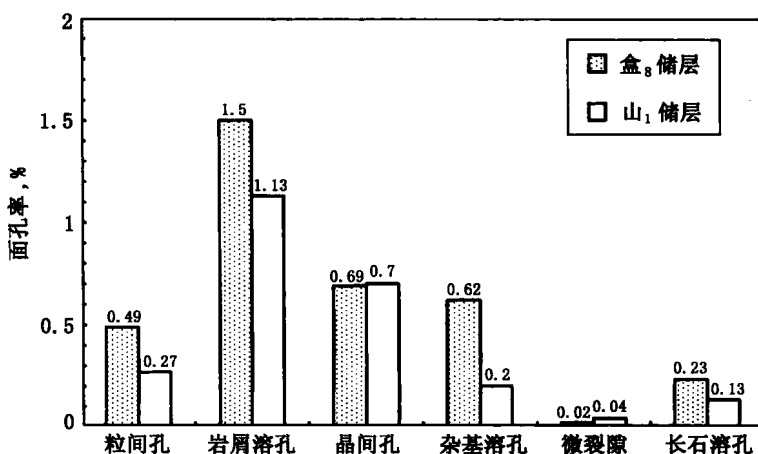


图 2 苏里格庙地区盒₈、山₁储层孔隙类型分布图

3. 次生溶孔成因与同沉积期的火山作用有关

有关孔隙成因的微观结构分析表明,该区上古生界砂岩储层中的各类次生溶孔与同期的火山作用密切相关。这主要表现在两个方面:一是同期的火山作用为正常河流沉积的砂质沉积物,提供了化学性质不太稳定的骨架颗粒;二是同期火山作用形成的火山灰物质在大气中降落或为流水搬运成为砂质沉积物的杂基组构。这种火山成因的碎屑物质,由于经历风化作

用时间较短（未经历缓慢的剥露风化过程），风化程度较浅，存在化学性质的不稳定性，因而，很容易成为后期埋藏溶蚀作用的对象。

根据对溶孔中溶蚀残余物组构的详细分析，形成该区上古生界砂岩储层中的各类次生溶孔的原始组分主要为中基性火山岩岩屑、长石及角闪石（还可能有辉石）单矿物颗粒、火山凝灰质杂基以及与火山物质溶解蚀变有关的胶状胶结物，它们主要与中基性的火山作用有关。上述各类火山成因组构在埋藏成岩作用阶段发生溶解作用（尤其是中晚埋藏阶段的有机酸溶蚀作用）相应形成岩屑溶孔、长石溶孔、角闪石溶孔、杂基溶孔等各类溶蚀孔隙（表1）。

表1 同期火山作用成因易溶组构类型及其所形成的溶孔特征

易溶组构类型	溶孔特征	溶蚀残余物	识别标志	形成溶孔类型	储集意义
中基性火山碎屑颗粒	超粒大孔溶解不完全	石英晶粒、微晶硅质、钠长石晶粒	形成超大孔，具组构选择性溶解	岩屑溶孔	主要孔隙来源
角闪石类单矿物	接近普通颗粒大小	蚀变绿泥石残余	短柱状轮廓，56°交角的沿解理蚀变物残余	角闪石溶孔	较主要孔隙来源
长石类单矿物	多小于普通颗粒	钠长石残余	柱状晶粒轮廓，常见未完全溶蚀长石残余	长石溶孔	次要孔隙来源
凝灰质填隙物	与粒间孔同形	石英晶屑、脱玻化玻屑	溶蚀残余的细碎晶屑、玻屑集中成示底构造	粒间负孔杂基溶孔	主要孔隙来源
火山成因胶状胶结物	溶蚀不完全	未溶部分	不规则状填隙物溶蚀	填隙物溶孔	次要孔隙来源

四、高产储层发育特征

1. 沉积微相对有利储层形成起决定性控制作用

陆相河流沉积具有横向上相变较快的特点，即使是同一期沉积作用形成的砂体，由于砂体微相不同，砂层的不同部位（或层段）也会表现出不同的孔渗性能。

本区盒8段辫状河沉积体系主要有河道充填砂体、河床蚀余堆积废弃河道以及纵向沙坝、沙岛等几种砂体类型。其中，由于纵向沙坝砂体经历了河流作用的迁移改造，石英颗粒含量高、分选磨圆好，易于形成孔渗性较高的储层；河道充填砂体及河床蚀余堆积砂体通常形成中等储层特性的砂层；而废弃河道充填砂体则通常形成致密岩性夹层。

山₁段的曲流河沉积体系主要形成曲流河边滩、废弃河道充填、决口扇等砂体微相类型。其中,仅有边滩砂体因其分选好、粒度粗、泥质含量相对较高而易于发育为有利的工业产层。

2. 叠加同沉积期中基性火山作用的砂体是高渗储层形成的关键

从层位分布看,发育盒₈段高渗透层的苏6井、苏14井、苏20井等井,其高渗层都位于叠置砂体的中上部。储层岩石结构和孔隙成因机理的研究都表明,它们是同一时期的沉积作用形成的砂体,叠加了同沉积期的火山作用形成的碎屑物质,由于进入砂质沉积物中的火山成因碎屑物质中含有大量易溶组分,奠定了这一期沉积砂体能在中晚埋藏阶段溶蚀成孔,形成高渗储层的先决条件。

尽管辫状河在河流作用过程中有极大的游荡性及迁移性,但在较短时限范围内还是相对稳定的。在平面分布上,同一时期沉积作用形成的砂体则受某一阶段河流作用的控制,沿河道走向大致呈带状展布。由于砂体微相在横向分布上的不均质性导致了高渗储层在平面上具“串珠状”分布的趋势。

勘探整体部署及动态实施调整

一、地质理论指导下的整体部署

通过盆地综合地质研究后,在苏里格气田勘探的开始就确定了进行岩性圈闭勘探的思路,勘探主要目标是寻找好的储集性砂体。在这一思路的指导下,将地质理论和地震技术相结合开展了砂体预测及其分布规律的研究,并以此为基础部署探井,大大优化了勘探程序,提高了勘探效率和钻井成功率。这是苏里格庙地区勘探取得成功的关键因素之一。

2000年,苏里格庙地区天然气勘探取得重大突破后,油田公司根据天然气勘探形势发展的需求,决定加快该区的勘探步伐,对苏里格庙地区进行整体勘探部署。目标是力争在苏里格庙地区探明天然气地质储量 $5000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

部署思路是以地震、地质综合预测的主砂带为主攻目标,区域展开、整体解剖、动态调整、集中评价高渗区。具体井位部署分两步走:

第一步,沿主砂体大井距甩开,先打控制井,主要搞发现,3条砂带同时上,井距20~40km。

第二步,集中探明。根据控制井的钻探结果,在突破区打加密评价井搞探明,井距8~12km。

二、勘探部署的实施与调整

沉积相研究表明,苏里格庙地区盒₈—山₁段沉积期为河流—三角洲沉积环境,其砂体沿河流走向呈带状分布。于是,在这一理论认识的指导下,确立了沿砂体走向带状布井的解剖部署方案。2000年初,以桃5井区为突破口,应用STRATA、JASON等多种联合反演技术,初步勾绘了该区盒₈、山₁段砂体厚度分布图,其中,盒₈段砂体主要分布在东、中、西三条砂体厚带上,而以桃5井所在的东砂带砂层厚度大、横向展布宽、南北延伸远。于是,首选桃5井一带的盒₈段东砂带作为主攻目标,在桃5井南北分别以11km、15km的井距部署了苏6井、苏5井,沿砂体走向追踪主砂体,结果两口井均钻遇具中高渗透性的盒₈段厚层砂岩,试气均获高产工业气流。随后,在这一砂带上部署的苏4井、苏10井也都获得了成功。初步显示出东砂带北端的含气规模,揭开了大气田的一角。

2001年的勘探部署还是以三个南北向展布的砂带为中心,分区部署,对苏里格庙地区进行整体解剖,也获得了令人满意的勘探成果。

三、不断加深地质认识,调整勘探思路

在勘探部署实施过程中,随着钻探结果的不断揭晓,对该区地质规律的认识也逐步加深,对原有的勘探思路和已有部署及时进行动态调整就显得极为重要。

1. 西砂带钻探的部署调整

在2001年第一轮探井中,向西甩开钻探的苏18井钻遇厚层石英砂岩储层,测井解释砂层上部为气层、下部为气水层。但当时对是否含水认识上尚有分歧,于是就暂缓了苏18井南北原已部署的两口井的实施。当试气证实苏18井为气水同出后,综合研究认为含水是局部的,且苏18井南部约40km处的盟6井,含气性较好,无含水显示,可先实施苏18井与盟6井之间的苏41井。钻探显示,该井盒₈段果然含气性较好,证实西砂带仍具有一定的勘探潜力。

2. 苏里格庙北部钻探的动态部署调整

在第二轮向苏里格庙北部甩开钻探的苏27井、苏26井、苏32井相继完钻后,结果表明,无论是储层发育情况还是含气性都不像当初想像的那样好,而是呈明显变差的趋势。地质分析认为,基本探到了气田岩性圈闭体系的上倾致密岩性遮挡带。于是暂时取消原定苏27井—苏26井之间和苏26井—苏15井之间的两口部署井,井位部署及时向第一、二轮中发现高渗储层的东砂带南段苏14井区和中砂带中部的苏20井区集中,为在该区提交大规模探明储量打下了坚实基础。