

天然气地质学

鄂尔多斯盆地苏里格气田盒8气藏 开发有利区块优选研究

陈凤喜, 王 勇, 张 吉, 杨 勇

(中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710021)

摘要:针对鄂尔多斯盆地苏里格气田“低渗、低压、低产”特征和亟待开发的现状,从地质、地震以及地质建模等不同的角度,对苏里格气田主力储层段盒8气藏进行了开发有利区块的优选及评价,最后根据综合研究结果,优选出该气田6个产建有利区块,认为该项研究对该区域成为10亿 m^3 方案和30亿 m^3 规划的编制基础,和对该气田的规模有效开发大有裨益。

关键词:苏里格气田;盒8气藏;有利区块;优选;地震预测;地质评价;储层建模

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2009)01-0094-06

0 引言

苏里格气田位于我国鄂尔多斯盆地中部,从1999年发现到2001年短短的3a时间,探明为一大型的岩性气藏,是我国陆上目前已发现的最大的天然气气田。气田开发前期描述表明,储层砂岩十分发育,但有效储层却分布不连续,非均质性十分强烈;气田含气面积大,但有效储层含气饱和度普遍低,主力产气层段盒8段的含气丰度只有 $1.31 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,含气丰度也很低。经苏里格气田的试采和开发试验表明,气田表现明显的“低渗、低压、低产”特征。

同时苏里格气田又是陕京二线工程最主要的资源基础,因此全方位降低开发成本,高效开发苏里格气田成为迫在眉睫的任务。按照“优中选优、规模建产、相对集中、节约成本”的原则,苏里格气田有利开发区块的优选就成了一项最基础也是最重要的工作。根据“地震先行,评价优选”的产能建设思路,以地震为基础,地质研究为手段,对苏里格气田盒8气藏进行开发有利区块的优选研究。

1 利用地震技术预测有利区块

1.1 主河道及砂体厚度预测

针对苏里格气田盒8段、山1段有效储层厚度小、横向变化大的特点,在认真剖析有效储层的地质、地球物理特征的基础上,首先寻求有效储层沉积规律

与地震响应间的关系,运用地震属性分析、谱分解、相干体、地震反演、波形分析宏观确定主河道及砂体厚度的展布。对上述5种方法分别得到的河道展布形态进行优化,以时差分析、波形分类与谱分解为主,刻画出研究区内盒8段、盒9段均分布有6~10条近南北(或北北东)向的主河道^[1-2]。采用地质统计的地震反演技术预测砂岩储层,尽可能地提高预测精度。

具体作法是:第1步,通过主河道的形态,地震属性分析的厚、薄趋势,Spec的半定量预测结果以及已知井四者结合进行地质建模,由Jason软件中的稀疏脉冲模块进行反演,得到波阻抗剖面;第2步,通过Jason中的Statmod模块将波阻抗剖面转化为多套砂泥岩剖面;第3步,利用概率统计的方法求出砂岩的时间厚度,并进行平面成图(图1)。

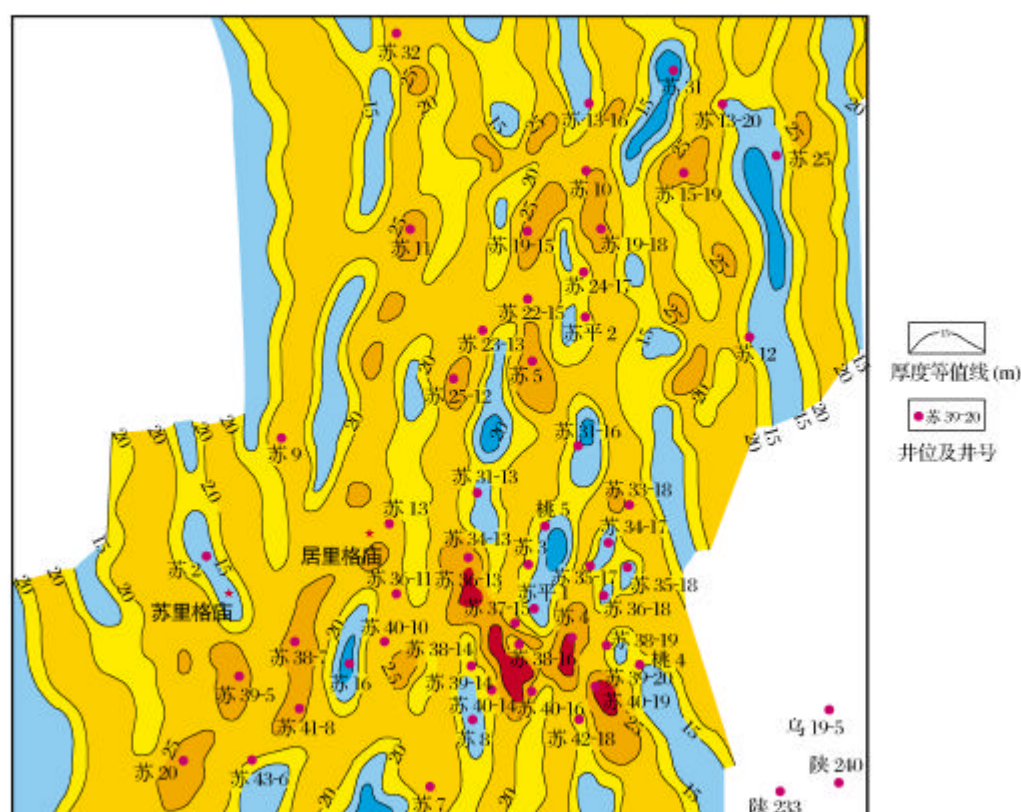
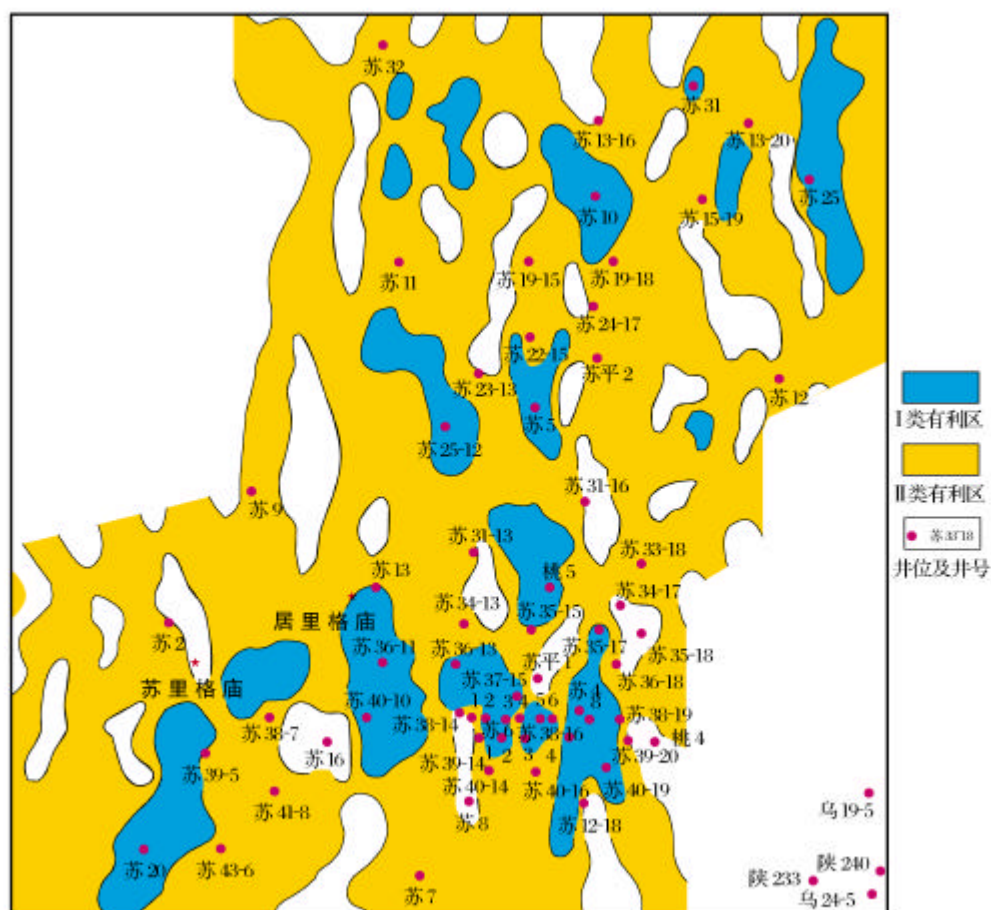
1.2 综合评价及有利区筛选

在主河道和砂体厚度预测的基础上,利用地震属性分析、烃类检测以及地质统计反演等方法进行物性、含气性预测^[3-4],最后进行综合评价。综合评价的依据分为储层厚度、物性、含气性3大方面的6个要素,即:①砂体厚度(大于20m);②孔隙相对发育砂岩厚度(大于5m为Ⅰ类);③拟孔隙度(大于7%为Ⅰ类,大于6%为Ⅱ类);④AVO属性分析;⑤吸收分析;⑥已知井含气显示(5万 m^3/d 以上为Ⅰ类,2~5万 m^3/d 为Ⅱ类)。

收稿日期:2008-10-08;修回日期:2008-12-01。

基金项目:苏里格气田开发前期评价研究项目资助。

第一作者 E-mail: cfx_eq@petrochina.com.cn。

图1 苏里格地区盒₈砂岩厚度等值线图2 苏里格地区盒₈段综合评价

通过这6个要素及其参数的综合优化,盒Ⅱ段共评价出Ⅰ类含气有利区块17个,面积493.6 km²,Ⅱ类含气较有利区面积2 424.7 km²(图2)。

2 利用地质评价技术优选有利开发区块

2.1 储层的分类评价

苏里格气田在提交储量时,将孔隙度为5%,渗

透率为 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 确定为储层物性下限,本次分类也将孔隙度为5%、渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以下的储层确定为非储层。

同时,从全区储层的孔渗关系图(图3)可以看出,当孔隙度大于12%时,渗透率明显高于原来的趋势线,这说明孔隙结构发生了变化,因此将孔隙度大于12%,渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层作为Ⅰ

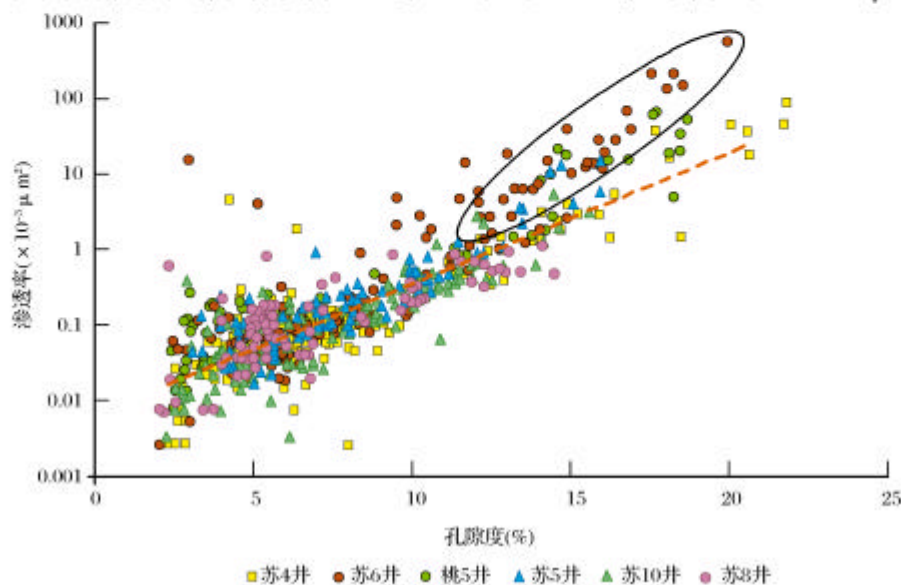


图3 岩心分析孔隙度与渗透率交会

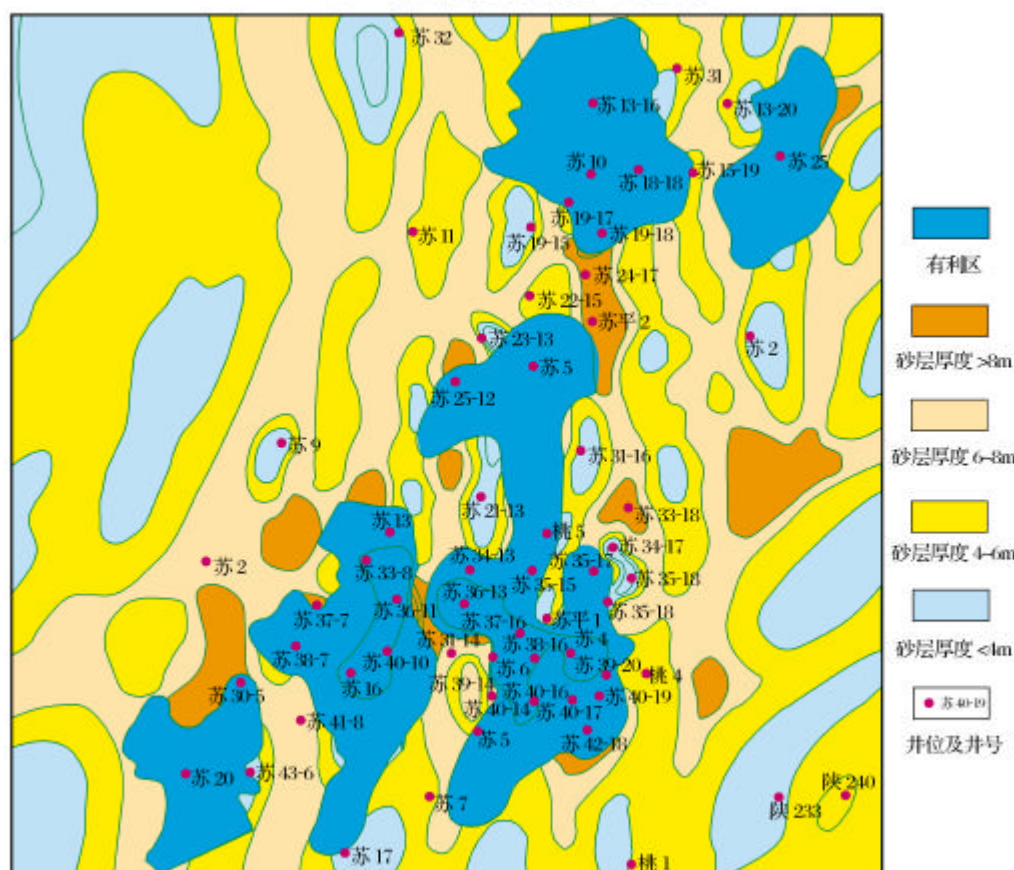


图4 苏里格气田盒8储层地质预测有利区

表1 苏里格上古生界储层孔隙结构评价标准

评价参数		结构类别			
		I	II	III	IV
物性特征	$K(\times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$	≥ 1	0.5~1	0.1~0.5	< 0.1
	$\Phi(\%)$	≥ 12	12~9	9~5	< 5
岩石学特征	$V_Q(\%)$	≥ 65	65~60	60~50	< 50
	$V_R(\%)$	≤ 10	10~15	15~30	> 30
	岩性特征	中—粗粒石英砂岩,含砾凝灰质常见		中—粗粒岩屑砂岩杂基含量高	
压汞曲线特征	D(Φ值)	≤ 10.5	10.5~12.5	12.5~14	> 14
	中值半径(μm)	≥ 0.5	0.5~0.1	0.1~0.04	< 0.04
	Pd(MPa)	≤ 0.4	0.4~0.8	0.8~2	> 2
	分选系数	≥ 2.6	2.6~2.0	2.0~1.2	< 1.2
孔隙图像	平均孔隙半径(μm)	≥ 60	60~10	10~0.5	< 0.5
	面孔率	≥ 6	2~6	2~1	< 1
	孔隙组合	溶孔—粒间孔、晶间孔—粒间孔、微裂隙—溶孔	晶间孔—溶孔、复合型、溶孔型	微孔—晶间孔、溶孔—晶间孔、晶间孔—微裂隙	微孔、微孔—微裂隙

类储层的下限。结合储层岩石学和图像分析资料将储层分为4大类^[5](表1)。

2.2 气层的分类评价

通过对储层的物性特征和微观结构的研究,在遵循反映气层的产气能力、特征突出、易于操作、有利于经济评价和有利区的筛选等原则的基础上,综合气田动态资料和试气成果,优选了储能系数、地层系数、储层类型和产能等指标对苏里格气田上古生界气层进行了划分,将研究区内气层分为3大类^[6](表2)。

表2 苏里格气田上古生界气藏气层分类评价标准

气层类别	储能系数	地层系数	储层类型
I	≥ 0.25	≥ 4	I、II
II	≥ 0.1	≥ 1	II、III
III	< 0.1	< 1	III

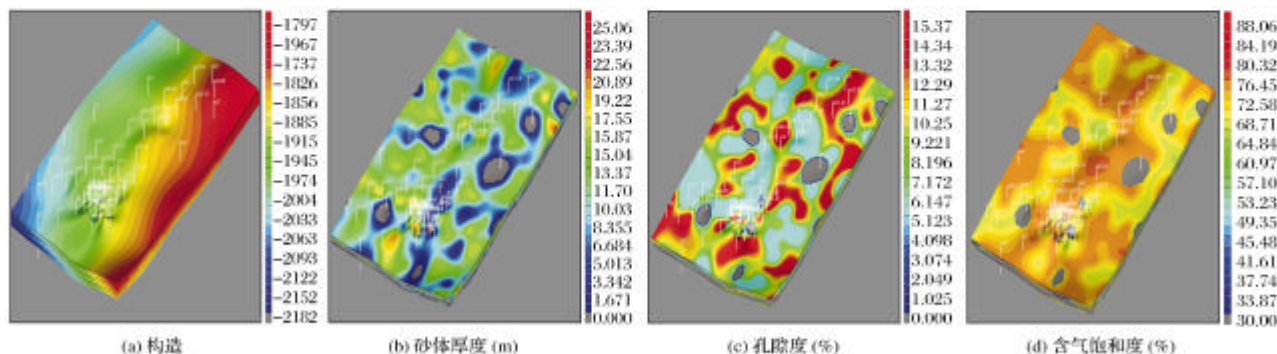
2.3 有利区的优选

作为建产的有利区,不仅要求研究区内有稳定的储层分布,同时要求研究区内气层具有较高的产

气能力(即I+II类气层的集中区),此外井区要具有一定的规模^[4]。综合考虑以上因素,将盒8气藏有利的沉积微相、有利的成岩微相及I+II类气层进行叠加^[7-8],作出整个盒8气藏的综合评价图(图4),从图中可以看出:苏25井区、苏10井区、苏5井区、苏6井区、苏4井区和苏36-11井区等6个井区为有利建产区,合计面积397 km²;估算储量614×10⁸ m³。各区块的参数见表3所示。

3 利用储层建模技术优选有利开发区块

苏里格气田的井距较大,井网相对较稀,非均质性也非常强,对于这样的气藏,使用随机模拟方法显然比克里金方法更有优势^[9]。在苏里格气田地质建模中使用了随机建模方法中的混合(两阶段)模型的方法,第1步先建立离散型模型,即先建立沉积微相和层模型,第2步对储层空间的参数使用连续型模型,这样,离散型模型和连续型模型的有机结合有利于更加真实的表征储层^[10-11]。苏里格气田属河流相

图5 苏里格气田盒8^{T1}小层构造、砂体、孔隙度和含气饱和度模型

沉积,砂体几何形态复杂,高低渗透砂岩、泥岩经常混合在一起。对于具有多个微相分布的储层来说,

不同相的储层参数分布有较大差别。因此,地质沉积相的描述和刻画对于研究储层属性起着重要作

用。关键点是确定各种微相位置及形状、微相间的空间关系。通过沉积相带的数字化,提取条件约束数据^[12];同时以一定的属性截断值将非储层与储层区分开。建模结果如图 5 所示。

3.1 有利开发区块优选

气层综合评价结果和地质建模的研究成果可知,研究区气层主要位于盒₈^F段,盒₈^F段是主力气层,因此优选层位主要立足于盒₈^F段。盒₈^F段沉积微相类型、砂体的厚度、有效厚度、含气饱和度、渗透率为有利区优选的主要依据^[12]。

针对苏里格气田的地质特征,考虑到各小层储

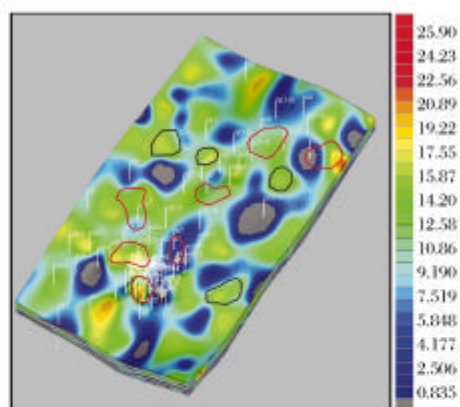


图 6 苏里格气田盒 8 储层地质建模区块优选综合评判

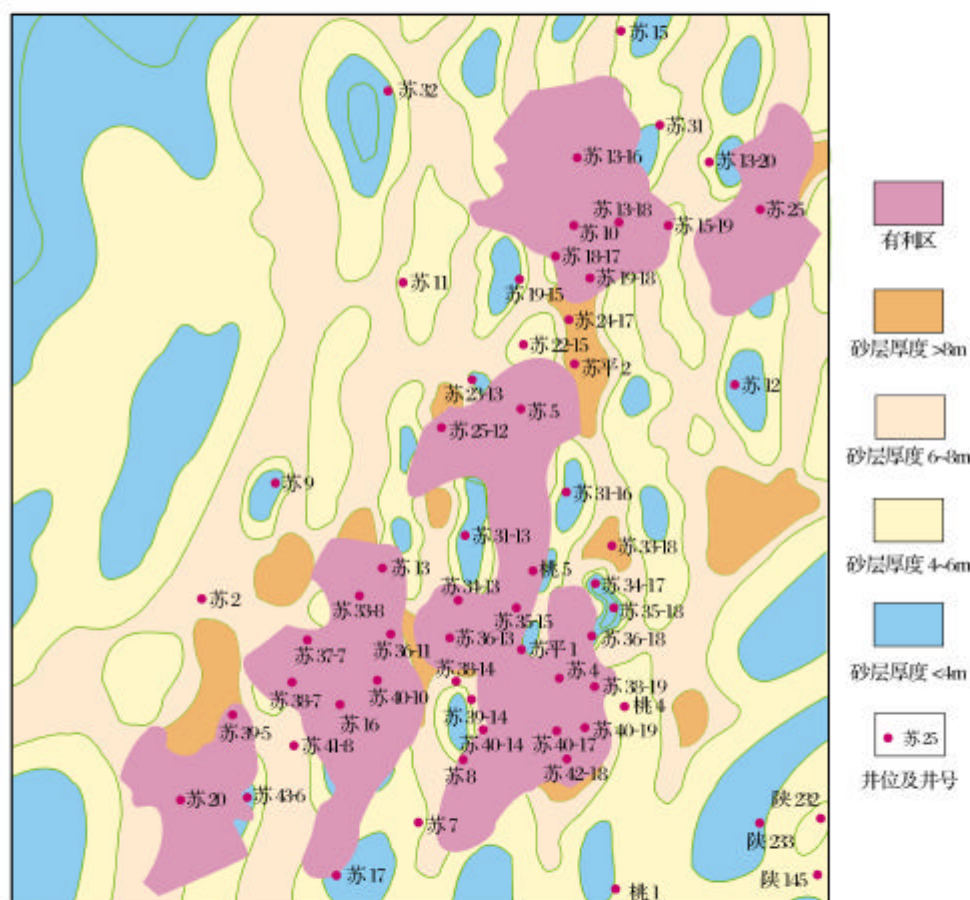


图 7 苏里格气田综合研究有利区分布

表 3 苏里格气田盒 8 气藏有利区参数

井区	储能系数	地层系数	I + II 类气层 平均厚度 (m)	平均有效厚度 (m)	面积 (km ²)	井数 (口)	平均无阻流量 ($\times 10^4$ m ³ /d)	综合排序
苏 36-13—苏 6	0.79	932	8.3	13.78	84	9	23.29	1
苏 16—苏 36-11	0.71	5.4	8.2	14.2	66.5	2	22.37	2
苏 4	0.62	5.57	8	11.4	35	4	19.68	3
苏 5	0.74	11.41	8.7	12.7	86.5	2	15.05	4
苏 10	0.72	8.78	10.7	11.6	60.5	2	25.847 5	5
苏 25	0.54	3.3	5.5	9.6	64.5	1	32.848 9	6

集体发育程度的差异,结合苏里格气田储层分类评价标准,有利区评价标准按层确定,盒₈^F有利区评价

标准是砂厚 >10 m,有效砂厚 >8 m,含气饱和度 $>65\%$,渗透率 $>0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;盒₈^F有利区评价标

准是砂厚 $>15\text{m}$,有效砂厚 $>10\text{m}$,含气饱和度 $>65\%$,渗透率 $>0.8\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。区块优选的方法是首先筛选出各小层中均满足评价参数,且微相为心滩或河道填积的区域,然后将该区域进行综合评判,有半数以上的小层均有分布的区域定为有利区。

3.2 区块优选结果

目前初步筛选出11个有利区块,面积为 412km^2 ,可作为下一步建产的优选区块。图6是根据以上区块优选的标准和方法得到的区块优选综合评价图。

4 有利开发区综合优选

按照优中选优、规模建产、相对集中、节约成本的原则,根据各种优选技术优选出的区块可以看出,苏10井区、苏6井区、苏36-11井区、苏5井区、苏20井区和苏25井区等6个区块为含气有利区(图7)。考虑到苏5井区存在出水的趋势,因此将前3个区块作为产建区的重点区块^[6]。取各优选技术优选区块的并集部分作为每个区块具体实施范围;交集部分认为是最有利区域,在井位部署时优先考虑。优选区合计面积为 $1\,073.5\text{km}^2$,合计储量为 $1\,365.6\times 10^8\text{m}^3$;该区域成为苏里格气田10亿 m^3 开发方案和30亿 m^3 规划方案的编制基础。

5 结论

苏里格气田属于低渗、低压、低丰度的“三低”气藏,储集层具有强非均质性。优选气田的相对富集区块是气田规模有效开发的基础,也是气田整体评价、整体开发、统一部署、分批实施的关键。在苏里格气田相对富集区块优选中,按照优中选优、规模建产、相对集中、节约成本的原则,综合运用地震技术、地质综合评价技术和储层地质建模技术优选富集区块,综合

各种优选技术,共优选苏10井区、苏6井区、苏36-11井区、苏5井区、苏20井区和苏25井区共6个有利区块,优选区合计面积为 $1\,073.5\text{km}^2$,合计储量为 $1\,365.6\times 10^8\text{m}^3$ 。该区域是编制苏里格气田10亿 m^3 开发方案和30亿 m^3 规划方案的资源基础,并可促进整个苏里格气田的规模有效开发。

参考文献:

- [1] 郭晓龙,欧阳永林,耿晶,等.鄂尔多斯盆地苏里格气田地震转换波解释[J].天然气地球科学,2005,16(5):650-653.
- [2] 李相博,郭彦如,刘化清,等.浅谈小波分析在鄂尔多斯盆地延长组层序地层划分中的应用[J].天然气地球科学,2006,17(6):779-782.
- [3] 史松群,赵玉华.苏里格气田低阻砂岩储层的含气性预测研究[J].石油地球物理勘探,2003,38(1):77-83.
- [4] 曾忠,阎世信,魏修成,等.苏里格气田地震预测技术效果分析及对策[J].石油勘探与开发,2003,30(6):63-67.
- [5] 裘怿楠,薛叔浩.油气储层评价技术[M].北京:石油工业出版社,1994:243-250.
- [6] 唐俊伟,贾爱林,何东博,等.苏里格低渗强非均质性气田开发技术对策探讨[J].石油勘探与开发,2006,33(2):107-110.
- [7] 刘建民,徐守余.河流相储层沉积模式及对剩余油分布的控制[J].石油学报,2003,24(1):58-62.
- [8] 李宏伟,范军侠,袁士义,等.苏里格气田下石盒子组层序地层学与天然气高产富集区分布规律[J].石油勘探与开发,2006,33(3):340-344.
- [9] 王家华,周叶,高海余.克里金地质绘图技术[M].北京:石油工业出版社,1999:134-156.
- [10] 李元觉,李跃刚,卢涛.三角洲平原网状河砂体的地质概念模型及修正[J].石油勘探与开发,2002,29(5):69-70,73.
- [11] 田玲,何顺利,顾岱鸿.苏里格气田储层三维地质建模技术研究[J].天然气地球科学,2004,15(6):593-596.
- [12] 吕晓光,王家华,潘懋,等.指示主成分模拟建立分流河道砂体相模型[J].石油学报,2003,24(10):51-57.

He-8 Reservoir's Favourable Development Blocks in Sulige Gasfield, Ordos Basin

CHEN Feng-xi, WANG Yong, ZHANG Ji, YANG Yong

(Exploration and Development Research Institute, PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an 710021, China)

Abstract: Aiming at the present situation that Sulige gas-field, Ordos basin, has the characteristics of "low permeability, low pressure, low product" and needs urgent development, this paper, from geological, seismic and modeling angles, evaluates the advantaged development blocks of the He-8 reservoir, the main reservoir in Sulige gas-field. On the basis of the final research result, this paper selects six development blocks as targets. These blocks provide basis for the project of one billion of oil and the planning of three billion of oil, and for the development of the gasfield economically and efficiently.

Key words: Sulige gasfield; He-8 reservoir; Advantaged blocks; Optimization; Seismic forecast; Geological evaluation; Reservoir modeling.