冷 124 块潜山油藏二次开发实践

安新蕾（中油辽河油田公司冷家油田开发公司，辽宁 盘锦 124010）

摘 要：本项目以精细油藏研究为基础，用动态分析法结合物质平衡计算法，评价油藏产能分布并开展剩余油研究，确定潜力目标区域。针对潜力目标区开展二次开发研究工作，结合油藏自身条件进行开发方式筛选，优化开发方式及工程参数设计，组织现场实施及效果跟踪评价，实现区块二次开发。

关键词：裂缝性潜山稠油油藏；二次开发

0 引言

冷 124 潜山油藏于 1993 年 4 月投入开发，当年投产 2 口井（冷 123、冷 124），平均单井日产油量 7.0t/d。1994 年 8 月，投产井数为 32 口、开井 27 口，断块日产油量达到历史最高水平（226t），平均单井 8.4t/d。截止到 2013 年 5 月（二次开发前），开发总井数 34 口，开井 3 口，平均单井日产油量 1.1t/d，断块日产液 44t，断块日产油 26t，综合含水 40.9%，采油速度 0.17%，开采储量采油速度 1.8%。全块累积采油 44.3×10^4t，累积采油 15.3×10^4t，采出程度 8.89%，采出可采储量的 85.2%。

1 二次开发前主要矛盾

①潜山储层物性差，岩性复杂，裂缝发育非均质性较强，其储层预测难度较大，冷 124 块潜山油藏裂缝开度 21.0μm，微裂缝面密度 0.5mm/mm^2，裂缝密度 54.8 条 /m，裂缝孔隙度 0.4%，裂缝渗透率 $149.0\times10^{-3}\mu m^2$，基质孔隙度 7.1%，与其他潜山油藏对比冷 124 潜于裂缝孔隙度较低，基质孔隙度较高，物性较差。冷 124 块太古界潜山储层为一套混合岩化花岗岩及斜长片麻岩，内部夹厚度不等的辉绿岩、煌斑岩岩脉，岩性复杂。裂缝以 30° –60° 的斜交网状缝为主，宏观裂缝间距一般以小于 2cm 为主。不同岩性裂缝发育程度不同，混合岩硬度大，性脆，且裂缝充填差，故裂缝发育带多集中在混合岩岩性段内，黑云母斜长片麻岩暗色矿物含量多，岩石呈柔性，裂缝发育较差。裂缝非均质性强，储层预测难度大；②原油粘度高，平面纵向变化大，冷 124 块潜山油藏原油性质复杂，粘度变化大，50℃脱气原油粘度在 102–5000MPa.s 之间。剧现有资料，该潜山是辽河最复杂开采难度较大的潜山油藏。平面上北稀南稠，纵向上上稀下稠。粘度的大小影响原油的流动性造成产能差异较大；③产能分布复杂，单井产能差异大，由于岩性、原油物性等诸多因素影响，该块油井产能分布差异较大。单井最高累产 6.4758×10^4t（16–26 井核实），11 口井累产小于 3000t；④天然能量开发产量递减快、地层压力水平低、采油速度低、油井利用率低、采收率低，冷 124 块潜山油藏一直都依靠天然能量开发，区块月综合递减率达到 4.5%，目前区块压力仅 4MPa 左右，压力水平较低，区块采油速度低仅为 0.17%，油井利用率低仅 7%，通过计算预测一次采收率仅 8.5%。因此急需转换开发方式解决上述问题，提高区块采收率。

2 精细地质研究，重新认识有效储层

2.1 岩性细分对比

根据冷 111、冷 120、冷 124 等 8 口井潜山地层 60 个岩心薄片鉴定分析汇总，冷 124 潜山岩性可分为变质岩与岩浆岩（脉岩）两类，变质岩是冷 124 潜山岩性主体。不同变质岩、岩浆岩岩性的造岩矿物种类、含量不同，造成变质岩成份复杂、结构多样，识别困难。利用测井资料信息进行变质岩潜山岩性识别是当前较为行之有效的方法。其原理是基于变质岩不同岩性中的造岩矿物的种类、含量的不同，在相应测井资料（数值、曲线特征）的响应机理上差异来划分岩性。根据辽河油田陆上兴隆台、牛心坨、前进以及冷家等太古界潜山岩电特征总结出的“太古界潜山岩性测井识别标准”。该项目利用三维地震解释、测井资料及钻井取心资料、薄片鉴定及全岩分析手段判别岩性并对对冷 124 潜山的 32 口骨架井进行了潜山岩性的判别，并以骨架井对冷 124 潜山内幕进行了横向对比追踪，对油藏岩性进行细分对比划分，汇制岩性对比剖面。对比划分结果表明，冷 124 块太古界潜山储层为一套混合岩化花岗岩及斜长片麻岩，内部夹厚度不等的辉绿岩、煌斑岩岩脉。冷 124 块潜山油藏上部为片麻岩，下部为混合花岗岩，混合岩硬度大，性脆，且裂缝充填差，裂缝发育带集中，片麻岩暗色矿物含量多，岩石呈柔性，裂缝发育较差。精细三维地震精细解释及测井资料信息的应用大大提高了储层预测的准确性。

2.2 裂缝识别描述

该项目利用 3700 和 5700 测井资料及 DAC 处理技术对裂缝进行测井识别，应用 10 个铸体薄片图像分析的定量统计，另外依据深浅侧向测井幅度差对高角度缝反应灵敏和声波时差对低角度缝、网状缝响应好的原理，将 $R_{LLd}/R_{LLS}\cdot\triangle t$ 做为一个复合参数与双向电阻率 R_{LLd} 做标准交会图版来取得裂缝发育段（有效储层）的定量判别标准，并应用公式对裂缝参数进行计算，对冷 124 块潜山油藏进行裂缝精细描述。冷 124 块潜山油藏裂缝开度 21.0μm，微裂缝面密度 0.5mm/mm^2，裂缝密度 54.8 条 /m，裂缝孔隙度 0.4%，裂缝渗透率 $149.0\times10^{-3}\mu m^2$，基质孔隙度 7.1%。冷 124 潜山裂缝非均质性强，孔隙度较低，基质孔隙度较高，与其他变质岩潜山相比，冷 124 潜山孔隙度相对较高，渗透率相对较低。裂缝以斜交缝（网状缝）为主，裂缝倾角分布以 30° –60° 分布频率最高。在下部混合岩段天然裂缝发育方位以近东西向为主，反映了该段现今最大水平主应力方向呈东西向；上部片麻岩段裂缝发育方位以北东 20° –40° 为主，次为南东 110° –120° ，反映上部片麻岩段最大水平主应力方向以北东向为主，部分井段为南东向。

2.3 油层分布研究

124 潜山主体部位共完钻 55 口井，以（下转第 138 页）

2 实验结果

将制备的不同组分的 PI 薄膜做热重分析，得到曲线如图 1。

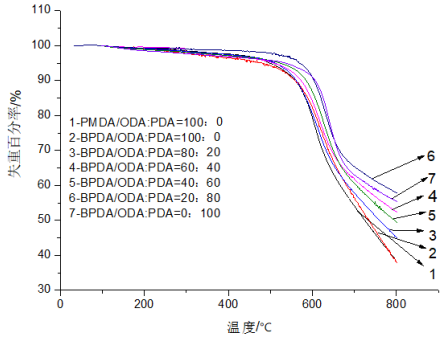

图 1 不同组分 PI 薄膜 TG 曲线

与之相对应的 DTG 曲线如图 2 所示：

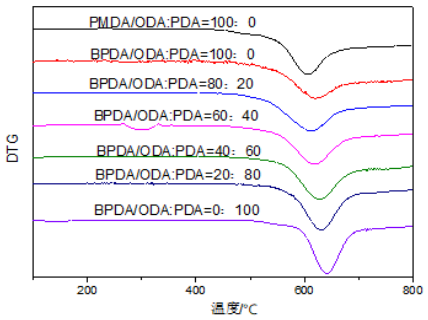

图 2 不同组分 PI 薄膜 DTG 曲线

以薄膜失重 5% 时的温度为 $T_{5\%}$，失重 10% 时的温度为 $T_{10\%}$，DTG 曲线的峰温作为热失重的最高分解速率对应的温度，记作 T_{max}；失重 50% 时的温度记为 T_{mid}。得到的各薄膜热分析数据数据显示，除 BPDA/ODA:PDA=100:0 和 BPDA/ODA:PDA=80:20 组 PI 薄膜，其余组 $T_{5\%}$ 均大于 PMDA/ODA:PDA=100:0 组分 PI；而所有联苯型 PI $T_{10\%}$、T_{max}、$T_{50\%}$ 均大于均苯型 PI，即 PMDA/ODA:PDA=100:0 组 PI。由此可见，联苯型 PI 薄膜热稳定性大于均苯型 PI 薄膜。另随 PDA 含量的增加，PI 薄膜的热分解温度逐渐增大，即热稳定性逐渐增强。这是由于聚酰亚胺分子链刚性越强，表现出的热稳定性越优异 [2]。随着 PDA 含量的增加，聚酰亚胺分子链的柔性越小，而刚性越大，因此 BPDA/ODA:PDA=0:100 组所得聚酰亚胺薄膜的热稳定性最强。

3 实验结论

本文利用溶液聚合及热亚胺化法合成了均苯型聚酰亚胺及不同结构的联苯型聚酰亚胺，并对其热稳定性进行了研究，通过热重分析发现，与均苯型聚酰亚胺相比，联苯型聚酰亚胺薄膜具有更高的热稳定性。且随着 PDA 含量的增加，所得 PI 薄膜热分解温度逐渐增大，$T_{5\%}$ 最高可达 569.09℃，比均苯型聚酰亚胺高出 69.93℃。

参考文献：

[1] 丁孟贤，聚酰亚胺 - 化学、结构与性能的关系及材料 [M]. 北京：科学出版社，2006(9).

[2] 晁敏，寇开昌，吴广磊，等 .ODA/TPER 共聚型聚酰亚胺的合成及其性能研究 [J]. 航空材料学报，2011,31(3):86-89.

（上接第 136 页）潜山为目的层、揭露潜山厚度较大的井共计 48 口。油层发育，厚度大，含油井段连续集中，单井最大解释厚度 473m。一般单井厚度多 100m 以上。平均解释厚度 194.6m。上部片麻岩段油层发育程度差，富集于冷 137~ 冷 124–22–30 井一线。差油层解释比重占 87.4%。下部混合岩段油气富集，在两条内幕断层夹持的高垒块油层富集程度很高，解释油层比重 96.7%，而高垒块外油层发育很差，解释油层比重 3.3%。

3 产能分布评价，确定潜力目标区

平面上：高产井主要集中在油层及裂缝发育的主体部位，呈北东向条带状分布。就单井对比而言，油井产能变化比较大，但从区域分布看位于油藏主体部位的油层发育 15 口油井产能较高，平均初期日产油 23.2t/d，占全块初期日产油的 70.8%，累积产油 33×10^4t，占全块 77.9%，而边部则较差。

纵向上：集中在混合花岗岩段。总累计产量、平均单井日产量，花岗岩储层明显高于片麻岩。花岗岩产量占 71%。通过四性关系、油层产能分布研究，确定油层发育主体部位的混合花岗岩段为二次开发潜力目标区域。

4 开发方式优选，油藏实现二次开发

4.1 开发方式筛选

从储层参数条件看，该油藏较适合开展火烧方式开发，但考虑到火烧技术复杂及操作难度大，本次开发暂时不考虑这种方式。对于蒸汽吞吐除孔隙度渗透率相差较大外，其他指标接近筛选标准要求。但由于该油藏是潜山油藏，裂缝发育，孔隙度渗透率指标不能和砂岩油藏指标对比。综合比较，蒸汽吞吐是比较适合区块的开发方式。

4.2 注汽参数优化

借鉴砂岩蒸汽吞吐油藏数值模拟优化注汽参数结果，对冷 124 块潜山油藏影响注汽效果的各项参数进行优化。数值模拟结果表明：同样的注汽参数条件下，油层越厚蒸汽吞吐效果越好，经济效益好。原油粘度越低、渗透率越高、含油饱和度越高蒸汽吞吐效果越好。注汽强度在 80–120t/m 为最优。

5 实施效果及经济效益评价

①增油效果：区块实施蒸汽吞吐 7 井次，注汽量 3.7×10^4t，阶段产油 1.4616×10^4t，阶段油汽比 0.4，目前日产液 49t，日产油 37.4t，含水 24%。区块日产油由 10t 上升到最高的 72t，目前日产油 70t；采油速度由 0.02% 上升到最高 0.53%，目前 0.48%；②经济效益：按照效益计算公式计算，该项目创效 2067 万元。

参考文献：

[1] 徐进成等 . 老井复查评价技术在赵凹油田的研究与应用 . 录井工程，2004,15(4):34-39.

[2] 魏艳春等 .“三老资料”复查在老区勘探中的实践与认识 . 内江科技，2014(6):55+58.

[3] 温亮等 . 小层划分对比技术方法 [J]. 内蒙古石油化工，2010(19).