

江苏HZ地区地层流体组成对高压物性参数的影响

胡志明 徐建军 陈其荣

中国石化江苏油田分公司勘探开发研究院 江苏 扬州 225009

摘 要：地层油的物理性质在高压条件下主要取决于温度、压力以及原油自身的化学成分。通过对三口油井的原油样本进行高压物性实验，研究人员发现当气油比相同时，蜡含量较高的原油往往具有更大的地层泡点压力和体积系数。随着系统压力升高，低含蜡原油在泡点压力作用下会溶解更多气体，导致其体积系数和密度变化更为明显。相比之下，高含蜡原油的体积系数和密度对压力变化的敏感程度相对较低。

关键词：油气组成；含蜡量；泡点压力；体积系数；黏度；高压物性

前言

原油高压物性参数是石油工程计算的必备参数，如油气田储量评估、数值模拟、物质平衡计算、生产和生产装置设计等^[1]。文献^[2]研究了体积系数系数系数在不同影响因素下的变化规律^[3]，提出了相应的经验公式^[4]。文献研究^[5]不同种类的原油的膨胀系数和泡点压力等的影响^[6]，认为注气量越大，膨胀系数越大，饱和压力压力越高，但注气中的中间成分含量过高，会降低饱和压力^[7]。文献^[8]发现氮气对改善原油流动性和增加地层能量的作用明显。室内PVT实验所测数据的可靠性依赖于采样流体的代表性，主要从原油组分的角度解释两种采样方式的结果差异，旨在揭示高压物性参数受到内部因素的影响。

1 脱气油基本物性测试

选取了3种油气样（H2CB井、H2CP井、HY7B井），参考相关标准测试了地层温度和大气压力下脱气原油的密度和粘度，并采用气相色谱仪进行了组分分析。H2CB井：地层温度130℃，地层压力51MPa，溶解气油比61.42m³/m³。

地面脱气原油密度0.8451g/cm³，粘度1.23mPa·s。

H2CP井：地层温度130℃，地层压力51MPa，溶解气油比67.42m³/m³。地面脱气原油密度0.854g/cm³，粘度1.4mPa·s。HY7B井：地层温度152℃，地层压力60.5MPa，溶解气油比235.52m³/m³。地面脱气原油密度0.8086g/cm³，粘度0.12mPa·s。

各井伴生气样组成如下：H2CB井气样：甲烷（C1）63.02%，乙烷（C2）12.1%，丙烷（C3）11.75%，丁烷（C4）7.04%，戊烷（C5）2.46%，己烷（C6）0.63%，庚烷及以上（C7+）0.07%，氮气（N2）1.55%，二氧化碳（CO2）1.38%，气相对密度0.9132。H2CP井气样：甲烷（C1）71.22%，乙烷（C2）11.38%，丙烷（C3）7.55%，丁烷（C4）3.64%，戊烷（C5）1.81%，己烷（C6）1.04%，庚烷及以上（C7+）0.27%，氮气（N2）1.82%，二氧化碳（CO2）1.26%，气相对密度0.823。HY7B井气样：甲烷（C1）68.5%，乙烷（C2）10.24%，丙烷（C3）5.76%，丁烷（C4）3.68%，戊烷（C5）1.82%，己烷（C6）0.79%，庚烷及以上（C7+）0.14%，氮气（N2）1.31%，二氧化碳（CO2）7.75%，气相对密度0.8516。

表1 原油组成

井号	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16+
H2CB	0.000	0.023	0.534	1.878	5.074	7.559	6.409	5.807	4.296	3.740	4.352	3.808	3.818	52.71
H2CP	0.153	0.494	0.906	2.192	6.548	4.259	6.129	5.664	3.935	3.204	4.350	3.611	3.420	55.14
HY7B	0.000	0.161	0.871	2.865	8.574	5.545	6.575	5.610	4.710	4.194	4.253	4.210	4.598	47.84

H2CB井相比，H2CP井井气样成分相近，CH4含量更高，N2含量更低。H2CB井与H2CP井油样组成基本相同，组分C16+含量更高。通常将碳数大于16的组分分为蜡类，即H2CB井和H2CP井的蜡类含量较高，相对相对分子质量较大的原油。油气的成分越接近，说明天然气

在原油中的溶解力越强。H2CB井天然气相对密度较大，H2CP井C16+组分含量较多，相对密度较大，故H2CP井原油溶解气大于H2CB井。

原油成分对密度和粘度有重要的原油的相对分子质量越大，它的密度就越大；原油重质成分含量越高，说

明它的粘性越大。这也与3口井地层油的测定密度和粘度的关系相吻合。

2 地层油高压物性测试

2.1 实验方法

实验仪器主要有配样仪、PVT地层流体分析仪、CHY-II型稠油粘度计等。

地层油高压物性测试：参照GB/T26981—2020《油气藏流体物性分析方法》，分别进行单次脱气实验、压力与体积关系曲线测定、微分脱气、地层油粘度测试等实验，得出3口井地层油随压力泡点压力、地层油密度、体积系数、粘度等高压物性参数，从而揭示了地层油成分差异对高压物性参数的影响，并对其进行了分析。

2.2 实验结果分析

(1) 对泡点压力的影响

从泡点压力曲线中第一个偏离图中直线段的的压力值，H2CB井，H2CP井的泡点压力分别为11.814MPa，15.416MPa，30.766MPa。其中，H2CP井的泡点压力是H2CB井的1.3倍，这主要是由于原油成分差异所致，H2CP井含蜡量达55.14%，比H2CB井高，而根据“相似相溶”原理，其对气体的溶解力较弱，因此在大致相同的气油比下，H2CP井要使气体完全溶于油，需要更高的压力。而HY7B井的泡点压力是H2CB井的2.6倍，主要是由于HY7B井的溶解气油比约为H2CB井的3.8倍所致，在同等条件下，气量越多，油气成为单相所需的压力越大，也就是泡点压力越大。所以在同等条件下，原油含蜡量越高，现货压力越大；溶解性气油比越大，气泡点的压力越大。

(2) 对地层体积系数的影响

参考GB/T26981—2020对3井地层油进行单次脱气脱气实验，通过地层油的体积的关系得到泡点压力，由图可知，当压力压力时，地层油体积系数随压力的升高而逐渐减小，在泡点压力时达到最大值的是体积系数。其中，HY7B井的地层油体积系数明显高于另外两口井，这是因为HY7B井的气油比比H2CB井要高得多，而H2CP井，溶解的气量越大，其所显示的体积变化明显低于气油比。对于含蜡量高的原油，分子间范德华力大，非极性分子间的作用力小，不是极性。但是，溶解在原油中的甲烷分子更容易被插入到蜡分子之间，破坏原始分子间力，满足分子间的作用力减小，分子间距增加，表现为体积变大。含蜡量比较低的原油，烷基碳分子的量直接作用于甲烷碳分子的方向上碳分子，体积比较难以扩大。在同等条件下溶解气体的量非常少，因此地层油的体积变化是最小的。地层油对密度的影响，根据压力-密

度曲线，可以得到不同压力下的油密度。

(3) 对密度的影响

随着压力的增加，地层油的密度增加，在气泡点受压时为最小值。H2CP井原油重组分较多，因此密度较大；H2CP井原油原油成分相近，但前者气油比较小，因而具有较高的密度。在高于泡点压力压力HY7B井对原油的影响比H2CB井和H2CP井对原油的影响更大，这是由于HY7B井原油组分轻，油气分子间引力大，压缩性强；H2CB和H2CP井原油较重，油和气的分子相差很大，分子之间的吸引力较小，所以压缩性较小，密度随压力升高的幅度较小。由此可见，原油成分对地层油密度的影响不容忽视。

3 结论

(1) 地层油的组分对其泡点压力的影响显著。在同等条件下，原油含蜡量越高，泡点压力也就越大；溶解性气油比越大，气泡点的压力越大。

(2) 在气油比相同的条件下，脱气原油中的重质成分越多，地层油体积系数越大；大于泡点压力时，其体积系数和密度受压力的作用越小。

参考文献

- [1]孙磊,孙龙德.井间储层属性参数预测方法研究[J].物探探计算技术,2004,26(4):317-319.Sun Lei, Sun Longde.The study prediction between two wells[J].Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Explora-tion, 2004,26(4):317-319.
- [2]Hall A H. Investigation of densities and thermal expansion coefficients applicable to petroleum measurement[R]. SPE 16437,1975.
- [3]Avasthi, S M. The Prediction of volumes, compressibilities and thermal expansion coefficients of hydrocarbon mixtures[R]. SPE 1817-PA,1968.
- [4]Hamrin Jr. Coefficient of thermal expansion: reduced state correlation developed from PVT data for ethane[R]. SPE 877-MS,1964.
- [5]郭平,孙雷,孙良田,等.不同种类气体注入对原油物性的影响研究[J].西南石油学院学报,2000,22(3):58-64.Guo Ping, Sun Lei, Sun Liangtian, et al. Influences of injection gason physical behavior of crude[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2000,22(3):58-64.
- [6]文玉莲,杜志敏.注气对挥发性原油饱和压力的影响[J].新疆石油地质,2004,25520-522.Wen Yulian, Du Zhimin. Effect of gas injection on saturation pressure of volatile oil reservoir[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004,25(5):520-

522.

[7]梅海燕,张茂林,李闽,等.注气对油藏饱和压力的影响[J].天然气勘探与开发, 2002,25(2):51-53.Mei Haiyan, Zhang Maolin, Li Min, et al. Effect of gas injection on saturation pressure of reservoir[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2002,25(2):51-53.

[8]李向良.氮气对牛庄油田牛20断块地层油相态特征的影响[J].油气地质与采收率, 2006,13(2):88-90.Li Xiangliang. Effect of N₂ on phase behavior of formation crude in Niu20 fault block of Niuzhuang oilfield[J]. PGRE, 2006,13(2):88-90.