

文章编号:1000-0747(2004)02-0109-03

凝析油可采储量计算经验公式

杨广荣,余元洲,陶自强,李保荣,杨波

(中国石油大港油田油气勘探开发技术研究中心)

摘要:在凝析气藏的降压开采过程中,当地层压力低于露点压力后,地层中将出现气、液两相。对于中高凝析油含量的中高渗砂岩凝析气藏,在消耗式开发方式下,凝析油采收率分别与原始凝析油含量、原始气油比、天然气采收率以及初期凝析气井米采气指数(反映储集层物性)之间的相关性良好。根据对大港油田凝析气藏矿场资料的研究,得出4种计算凝析油采收率的经验公式,为计算凝析气藏的凝析油可采储量提供了便捷有效的方法。图4表1参10

关键词:凝析气藏;凝析油;采收率;可采储量;经验公式

中图分类号:TE372

文献标识码:A

0 引言

常规干气藏天然气可采储量(采收率)的计算方法已丰富而成熟,但计算凝析气藏凝析油、天然气可采储量(采收率)的方法却很少。常规干气藏与凝析气藏的流体组成有本质的区别,在凝析气藏降压开采过程中,当地层压力下降到低于露点压力时,气藏中的烃类流体由单一的气相变成气、液两相^[1],在气相烃的组成不断变轻的同时,凝析油的饱和度增加,可导致地层渗流能力和气井产能下降。尽管如此,由于凝析气藏的干气摩尔分数几乎在90%以上,而且凝析油的反凝析并不影响干气的流体特性,因此从理论上讲,在充分考虑凝析液的存在使凝析气藏的废弃压力和废弃产量比干气藏高的条件下,可近似采用干气藏天然气可采储量计算方法^[2-5]计算凝析气藏干气的可采储量(或采收率),大港油田凝析气藏矿场资料计算证实,其相对误差一般小于5%。但凝析气藏中最宝贵的烃类资源是凝析油,而凝析油的可采储量(或采收率)计算方法比较局限,本文分析研究大港油田现场资料,回归出4个计算凝析油可采储量(或采收率)的相关经验公式。

1 凝析油采收率计算的相关经验公式

对于凝析气藏来说,只要在地层中不发生相态变化,凝析油就能够随天然气的采出而采出。影响凝析油采收率高低的关键是凝析气藏是否发生反凝析以及反凝析液摩尔百分数的高低^[6]。凝析油采收率的主要影响因素为:凝析油含量、凝析气油比、干气采收率、储集层物性、气藏温度、原始地层压力、埋藏深度、凝析油密度等。大港油田凝析气藏以中高渗砂岩、中高含量的凝析气藏为主,消耗式开发了30多年,实际证明驱动能量主要是天然气的弹性能

量,在现有的经济技术条件下,确定了凝析气藏的废弃条件。对影响本地区凝析气藏凝析油采收率的主要因素(见表1)进行了逐一分析研究,得出了相关明显的经验公式。

表1 板桥凝析气藏基本参数表

气藏 编号	原始地层 压力 (MPa)	凝析油含量 (g/m ³)		原始气油比 (m ³ /t)	米采气指数 (m ³ /(d·m·MPa ²))	采收率 (%)
		δ	$\delta^{0.5325}$			
bq1	31.55	521	28.0	1415	45	45 21
bq2	32.02	519	27.9	1757	69	40 29
bq3	34.02	711	33.0	1224	84	47 17
bq4	29.72	200	16.8	4804	90	59 36
bq5	32.24	318	21.5	2085	99	59 28
bq6	34.00	274	19.9	3453	109	60 34
bq7	28.53	312	21.3	3018	120	75 35
bq8	38.04	480	26.8	1892	140	61 25
bq9	37.34	468	26.4	1960	142	64 39
bq10	31.04	127	13.2	7717	174	61 44
bq11	27.81	505	27.5	1764	183	64 38
bq12	26.64	117	12.6	8324	261	68 44
bq13	23.05	55	8.5	17889	277	80 61
bq14	30.50	366	23.2	3142	336	71 48
bq15	22.50	73	19.8	13700	442	65 48
bq16	32.23	314	21.3	2996	573	67 50
bq17	31.99	558	29.0	1590		52 31
bq18	25.85	668	31.9	1313		37 20
bq19	40.04	282	20.2	3357		73 40
bq20	34.06	251	19.0	4688		90 52
bq21	27.84	184	16.1	5292		65 41
bq22	34.30	389	23.9	2404		62 34
bq23	29.06	292	20.6	3182		68 33
bq24	34.74	577	29.5	1567		58 23
bq25	33.70	460	26.2	2541		63 41
bq26	52.10	209	17.2	4622		68 49
bq27	46.78	169	15.4	5722		71 42
bq28	46.10	688	32.4	1306		38 25

注:表中的凝析油含量、原始气油比及米采气指数均为各凝析气藏生产初期录取的矿场资料计算而来

1.1 凝析油含量

凝析气藏的凝析油含量越高,重质组分含量越多,地露压差越小,在相态图中体现为地层温度等值线穿过较高含量的等液量线区域,在气藏降压开发过程中反凝析越严重,凝析油损失越多,因而其采收率越低^[6]。通过对板桥凝析气藏实际资料的分析并进行非线性回归(见图1),得到了凝析油采收率(E_{RO})与凝析油含量(δ)的0.5325次方呈良好的线性关系(相关系数为0.7991):

$$E_{RO} = -1.3211\delta^{0.5325} + 66.383 \quad (1)$$

其适用范围是凝析油含量为180~800g/m³。

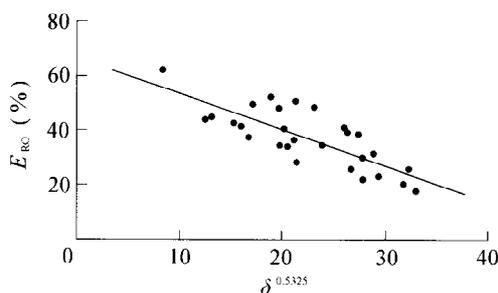


图1 凝析油采收率与凝析油含量关系曲线

1.2 储集层渗透率

气层渗透率越高,气井生产压差越小,生产时消耗的能量越少,气藏废弃压力越低,油气采收率越高^[6,7]。由于本地区气藏储集层实测渗透率很少,所以采用反映储集层有效渗透率高低的米采气指数(J_{sg})与凝析油采收率(E_{RO})之间的关系进行研究。经回归求解,得板桥凝析气藏凝析油采收率与气井米采气指数的半对数关系(见图2)。经验公式(相关系数为0.8226)为:

$$E_{RO} = 13.772 \ln J_{sg} - 32.155 \quad (2)$$

适用范围是米采气指数为50~500m³/(d·m·MPa²)。

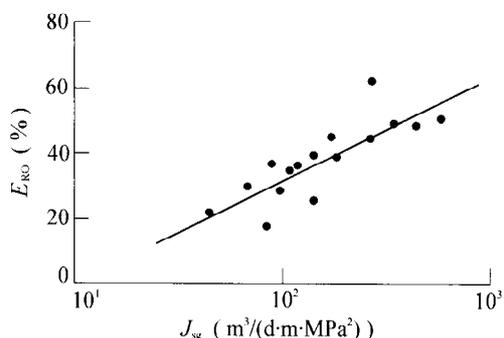


图2 凝析油采收率与米采气指数半对数关系曲线

1.3 原始气油比

原始气油比越高,凝析油含量越低,在相态图中地

层温度线越靠近临界凝析温度点,降压开发过程中最大反凝析液摩尔百分数越低,凝析油采收率将越高^[6,8,9]。统计研究板桥凝析气田实际矿场资料(见图3),得到凝析油采收率(E_{RO})与原始气油比(R_{si})的相关经验公式(相关系数为0.8190)为:

$$E_{RO} = 12.504 \ln R_{si} - 63.801 \quad (3)$$

适用范围是原始气油比为1200~8000m³/t。

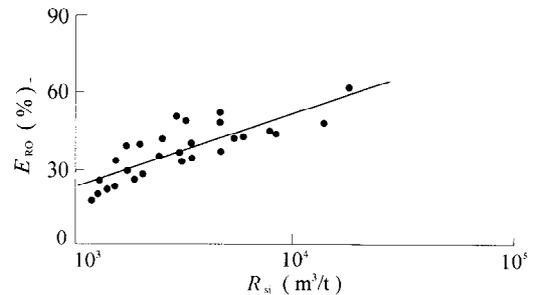


图3 凝析油采收率与原始气油比关系曲线

1.4 凝析气藏干气采收率与凝析油采收率的关系

凝析油采收率不仅与是否发生反凝析以及反凝析程度有关,还严重依赖于干气的采收率。凝析油之所以能采出,是由于凝析油在地层中以气相状态流到井底,同干气一起采出地面,因此凝析油采收率与干气采收率呈正相关关系^[6,9,10]。通过对本地区凝析油采收率(E_{RO})与干气采收率(E_{RG})的相关性研究(见图4),得到的线性关系式(相关系数为0.7893)为:

$$E_{RO} = 0.6965 E_{RG} - 6.3245 \quad (4)$$

适用范围是凝析气藏天然气采收率大于35%。

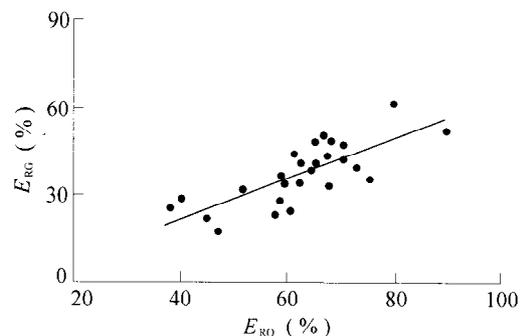


图4 凝析油采收率与干气采收率关系曲线

2 结论

通过对大港油田板桥凝析气藏凝析油采收率与各影响因素的研究,得到了凝析油采收率分别与原始凝析油含量、原始凝析气油比、干气采收率和反映储集层物性的米采气指数的相关经验公式,可用于同类型凝析气藏凝析油采收率的预测,为今后凝析油气藏凝析油可采储量的预测及储量管理提供了工具。

参考文献:

- [1] 马世煜. 凝析气藏开采技术[M]. 北京:石油工业出版社,1996.
- [2] 陈元千. 油气藏工程计算方法[M]. 北京:石油工业出版社,1989.
- [3] 何更生. 油层物理[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- [4] 黄炳光,刘蜀知. 实用油藏工程与动态分析方法[M]. 北京:石油工业出版社,1998.
- [5] 杨通佑,范尚炯,陈元千,等. 石油及天然气储量计算方法[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [6] 岳清山,王法求,郑希谭. 凝析气藏地层流体的相态研究[J]. 石油勘探与开发,1987,14(2):68-74.
- [7] 白凤瀚. 收敛压力法多组分模型在苏桥凝析油气藏的模拟应用[J]. 石油勘探与开发,1989,16(1):59-66.
- [8] 徐宽正. 华北地区苏1潜山凝析气藏的开采方法探讨[J]. 石油勘探与开发,1989,16(2):61-66.
- [9] 郭平,孙良田,孙雷. 多孔介质毛细管压力对凝析油气相态影响研究[J]. 石油勘探与开发,1994,21(4):64-69.
- [10] 罗凯,方义生,宋文杰,等. 凝析油气低界面张力对凝析油流动的影响[J]. 石油勘探与开发,1999,26(4):77-79.

第一作者简介:杨广荣(1958),女,天津人,大港油田高级工程师,现从事油气田开发综合研究工作。地址:天津市大港区,大港油田油气勘探开发技术研究中心天然气室,邮政编码:300280。

收稿日期:2003-05-14 修回日期:2004-01-20

(编辑、绘图 郭海莉)

Empirical formulae for recoverable condensate reserves

YANG Guang-rong, YU Yuan-zhou, TAO Zi-qiang, LI Bao-rong, YANG Bo (*Oil and Gas E&D Technology Research Center, Dagang Oil Field Company, PetroChina, Tianjin 300280, China*)

Abstract: Two phases, gas and liquid, exist in the formation when the pressure drops to below the dew point pressure in the pressure depletion process of the condensate gas reservoir. For the mid-high permeability sandstone condensate gas reservoir with mid-high condensate content, when developed under depletion mode, the condensate recovery has good correlativity with original condensate content, original gas oil ratio, gas recovery and initial gas productivity index per meter of condensate gas well (reflecting the physical properties of the formation), respectively. By studying the data of condensate gas reservoirs in Dagang Oilfield, 4 empirical formulae for condensate recovery calculation are developed, providing a convenient and effective way for calculating the recoverable condensate reserves of the condensate gas reservoir.

Key words: condensate gas reservoir; condensate; recovery; recoverable reserves; empirical formula