

青平川油田高家沟区水驱效果及采收率评价

胡振秦 文 静

延长油田股份有限公司宝塔采油厂 陕西 延安 716000

摘 要：注水是目前油田开发使用较为广泛且效果显著的一种油田提产开发方式。注水开发生产一段时间后，当进行水驱开发效果评价，应结合实际生产情况，利用油水井的采出和注入数据信息，计算相关开发指标，而图版法（童氏）和水驱特征曲线法是目前常用的水驱效果评价方法。

关键词：童氏图版法；水驱特征曲线法；采收率

1 童氏图版分析

1978年，童宪章院士提出利用直观、简明和易用的图版法的方式来确定水驱油藏采收率，此后，我国发布的石油天然气行业国家标准所引用此方法，并定名为童宪章图版法。该图版具有特点，深受广大油藏工程师的重视。经多年实践证明，童氏图版是实用有效的。其关系式表示为：

$$\text{Log}\left(\frac{f_w}{1-f_w}\right) = 7.5(R-ER) + \text{log}\left(\frac{f_{wm}}{1-f_{wm}}\right)$$

式中：

f_w ，含水率，%； R ，地质储量采出程度，%；

E_R ，采收率，%； f_{wm} ，经济极限含水率，%。

对于不同的经济极限含水率（ f_{wm} ）值，可建立含水与采出程度关系图版（如图1-1），可看出目前区块采出程度较低，在该模板中位置显示表明区块的水驱采收率介于10%~20%之间。

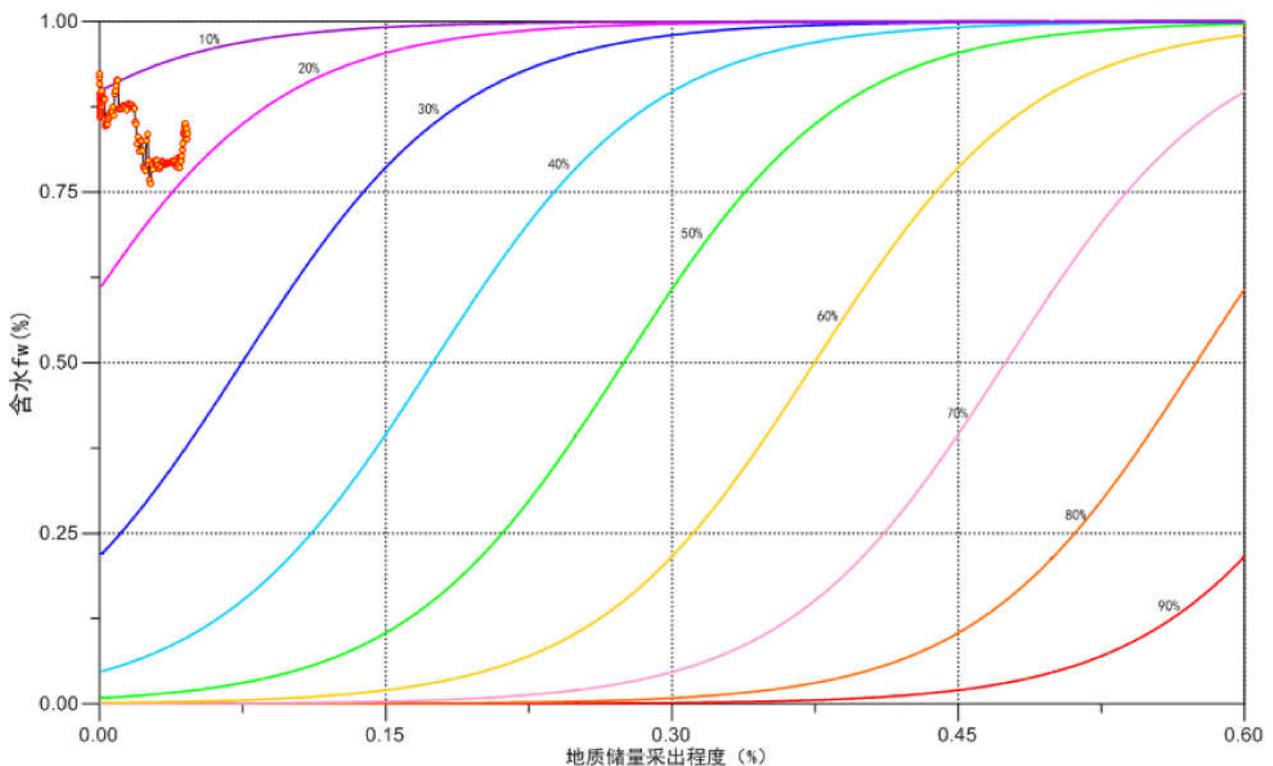


图1-1 高家沟区域长2油藏产量变化特征（童氏图版）

局部放大工区数据点的分布位置进行成图（图1-2）。 前人计算结果520.78万吨。为了与前人研究成果对比，本次分析中地质储量沿袭采用

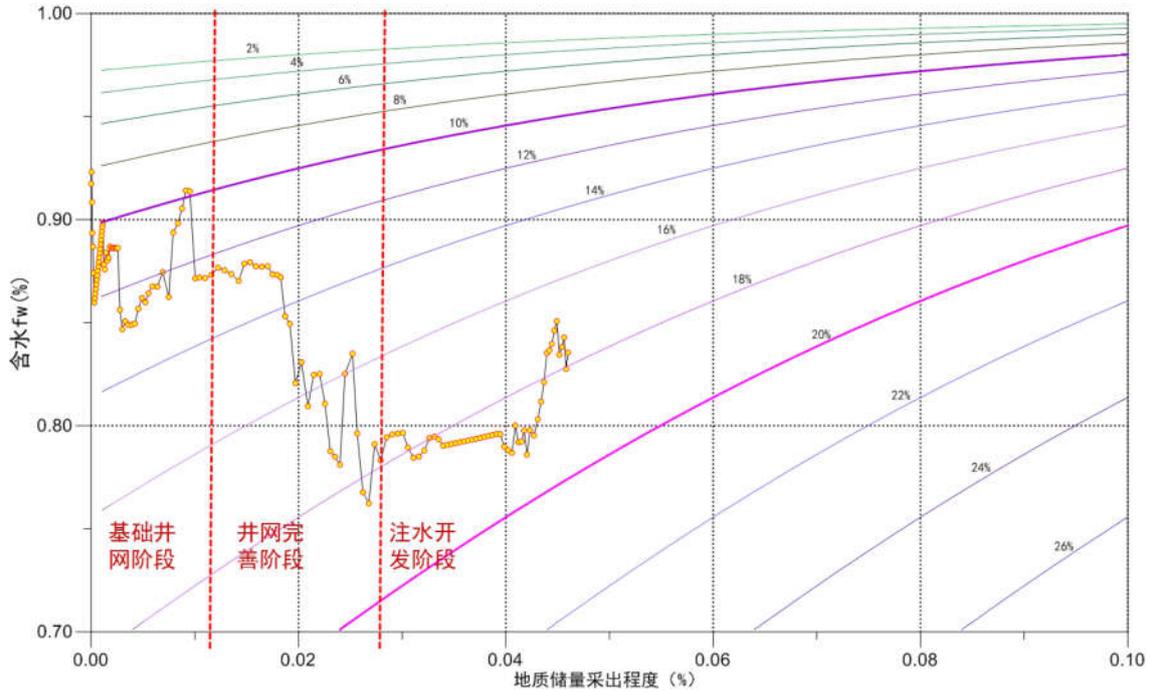


图1-2 高家沟区域长2油藏产量变化特征 (童氏图版, 局部)

表1-1 水驱特征曲线类型及适用性

序号	方法	表达式	适用性
1	累积液油比-累积产水法	$L_p/N_p = a + bW_p$ $N_p = \frac{1}{b} \left[1 - \sqrt{(a-1) \frac{1-f_w}{f_w}} \right]$	$\mu_o < 3 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
2	累积产水-累积产油法	$\lg W_p = a + bN_p$ $N_p = \frac{1}{b} \left\{ \lg \left[\frac{0.4343}{b} \frac{f_w}{f_w - 1} \right] - a \right\}$	$3 \leq \mu_o \leq 30 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
3	累积水油比-累积产液法	$W_{or} = a + bL_p$ $N_p = \frac{1 - \sqrt{(a+1)(1-f_w)}}{b}$	$3 \leq \mu_o \leq 30 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
4	累积产液-累积产油法	$\lg L_p = a + bN_p$ $N_p = \frac{1}{b} \left[1 - \sqrt{a(1-f_w)} \right]$	$\mu_o > 30 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
5	累积产水-累积水油比法	$\lg(W_p) = a + b \cdot \lg(W_{or})$ $N_p = 10^a \left(\frac{b}{b-1} \frac{f_w}{1-f_w} \right)^{b-1}$	

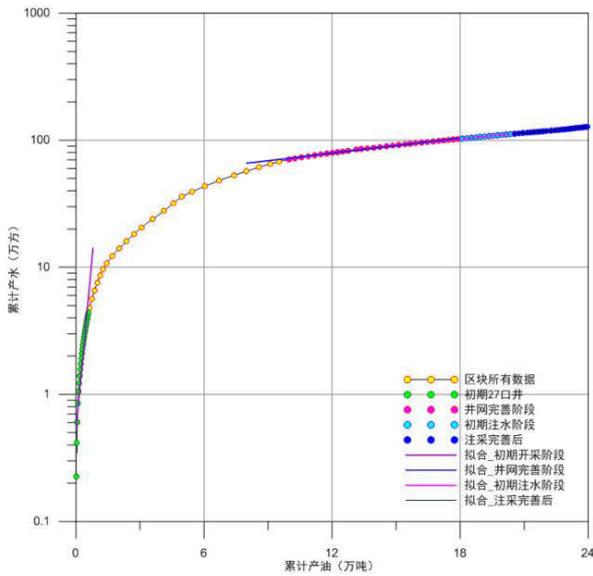
注释: L_p ——累积产液, f_w ——含水率; N_p ——累积产油, W_p ——累积产水。
 a, b ——待定系数;

在区块早期基础井网开发阶段, 区块整体采出程度不足1%, 采收率约为11%; 随着开发井网的进一步完善, 采出程度增加至2.7%, 为井网的加密使区块采收率增加至16%左右; 注水开发后, 采收率稳定在18%左右。说明井网的完善和注采井网的部署, 对区块开发效果有较大的改善, 明显提高油藏的采收率。近期由于含水率

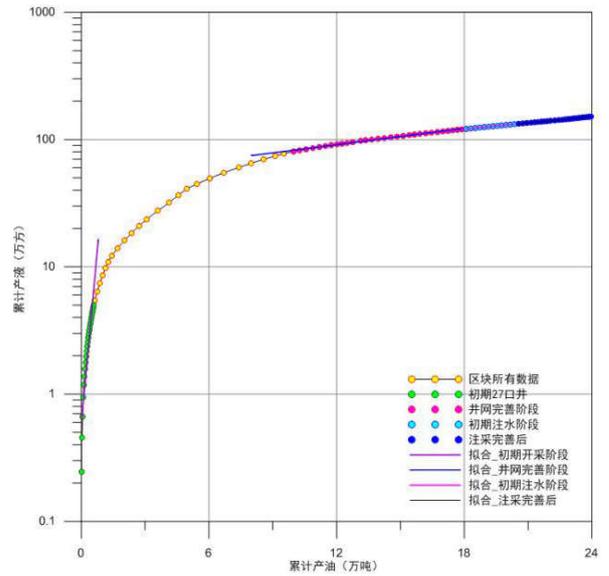
急剧上升, 开发效果呈现变差的趋势。

2 水驱特征曲线分析

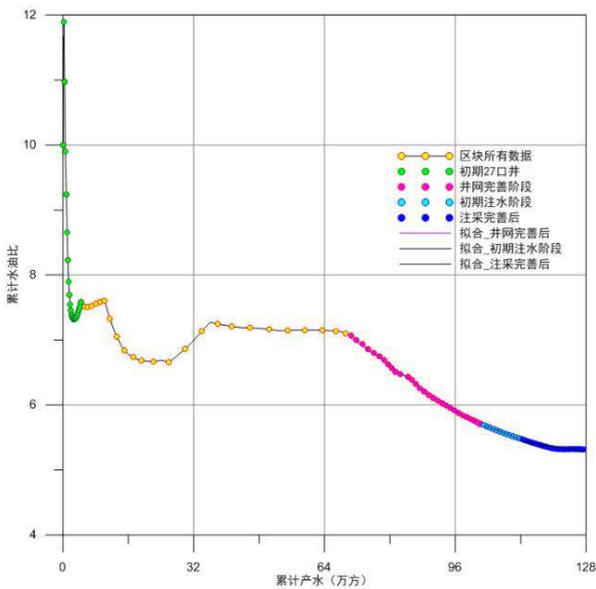
在天然或人工水驱油藏开发一段时间, 含水率达到一定程度后, 可利用一系列特征曲线进行表示, 通过这些水驱特征曲线, 不仅可以直观地分析水驱油藏的开发效果, 而且还可以预测水驱油藏开发的采收率。



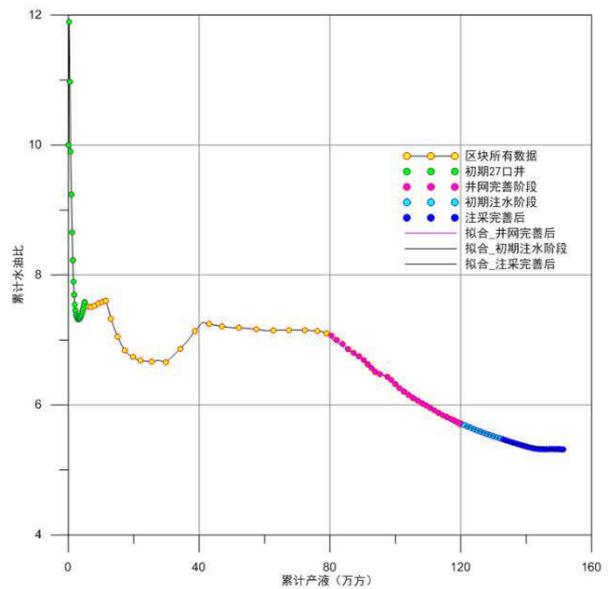
(a) 累计产水-累计产油法



(b) 累计产液-累计产油法



(c) 累计水油比-累计产水法



(d) 累计水油比-累计产液法

图2-1 高家沟区域长2油藏水驱特征曲线

参考高家沟区域原油粘度约6~7 mPa·s, 选取四种方法进行分析。并且在分析过程中, 进一步把该区块按照注水初期阶段、井网完善阶段和注采完善阶段分成三

个阶段, 利用不同方法在不同阶段预测可采储量和采收率(图2-1、表2-1)。

表2-1 高家沟区域长2油藏水驱特征曲线评价结果

可采储量/(10 ⁴)	评价方法	井网完善后	注水初期	注采完善后	方法适用性
	累产油-累产水法	58.45	77.24	75.30	$3 \leq \mu_0 \leq 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
	累产油-累产液法	58.41	74.48	75.20	$\mu_0 > 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
	累计水油比-累产水法	55.38	74.03	83.17	
	累计水油比-累产液法	52.35	73.59	81.14	$3 \leq \mu_0 \leq 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
均值	56.15	74.84	78.70		

续表:

采收率/%	评价方法	井网完善后	注水初期	注采完善后	
	累产油-累产水法	11.22	14.83	14.46	$3 \leq \mu_0 \leq 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
	累产油-累产液法	11.22	14.30	14.44	$\mu_0 > 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
	累计水油比-累产水法	10.63	14.22	15.97	
	累计水油比-累产液法	10.05	14.13	15.58	$3 \leq \mu_0 \leq 30\text{mPa} \cdot \text{s}$
	均值	10.78	14.37	15.11	

3 结束语

(1) 根据生产动态特征,工区开发历史可以分为初期弹性开采阶段、井网逐渐完善阶段及注水开阶段三个阶段。

(2) 高家沟长2油藏多数开发井呈现高含水、低产的特征,开发初期预测采收率11.4%。随着井网不断完善,注水开发效果分析表明,注水开发后长2油藏可采储量为78.70万吨,采收率约为15.11%。

(3) 综合考虑该区块油藏地质特点以及现有的井网形式,对后期井网进行调整和完善时,建议井网形式为正方形反九点面积注采井网。

(4) 结合工区油井压裂资料,确定合理注采压差为8MPa,计算极限注采井距在150m左右。

参考文献

- [1] (常涛 程大勇等 2019) 新型水驱效果评价图版建立及应用
- [2] (叶锋 2009) 改进的童氏图版在低渗透油藏中的应用
- [3] (刘巍 2016) 水驱特征曲线和产量递减规律研究
- [4] (李兴训 2005) 水驱油田开发效果评价方法研究
- [5] (杨志淑; 崔鹏; 别勇杰 2014) 水驱油田开发效果评价方法探讨
- [6] (王凯泽 2018) T油区长2油藏注水开发技术政策研究