

雅一大凝析气藏产水规律及其控制对策研究

徐士胜,高洁,张艾

(中国石油化工股份有限公司西北油田分公司,新疆库车 842017)

摘要:以雅克拉—大涝坝边水凝析气藏、轮台底水凝析气藏为例,分析具有边底水的凝析气藏开发过程中的产水特征和产水规律,总结凝析气藏的3种产水类型,并提出不同产水类型的控水治水对策。初步建立4种凝析气井边底水见水模式及相应的控制对策,逐步应用于雅一大凝析气井控水治水中,控水效果显著。通过对雅一大凝析气藏产水规律及控制对策的研究,对有水凝析气藏开发具有指导意义。

关键词:凝析气藏;产水类型;产水规律;控制对策

中图分类号:TE372

文献标识码:A

Water production laws and controlling measurements in Yakela-Dalaoba condensate gas reservoir

Xu Shisheng, Gao Jie, Zhang Ai

(SINOPEC Northwest Oilfield Company, Kuqa, Xinjiang 842017, China)

Abstract: Taking the Yakela-Dalaoba edge-water condensate gas reservoir and the Luntai bottom-water condensate gas reservoir as examples, the water production laws in the exploration of condensate gas reservoir with edge and bottom water are analyzed. Three water production types of condensate gas reservoir are concluded and the corresponding measurements to control water production are proposed. Four edge-water or bottom-water breakthrough models of gas condensate wells and the corresponding controlling measures are put forward. They are applied in the Yakela-Dalaoba edge-water condensate gas reservoir gradually and have gained good effects. The studies of water production laws and controlling measurements in the Yakela-Dalaoba condensate gas reservoir provide significant development guidance for condensate gas reservoirs.

Key words: condensate gas reservoir; water production type; water production law; control countermeasures

雅克拉—大涝坝凝析气藏位于新疆塔里木盆地北部,属于背斜构造、孔隙型砂岩、层状、未饱和凝析气藏。由于凝析气藏开发过程中烃类体系中饱和的水蒸气随着压力、温度的变化,形成凝析水产出,以及随着边底水的侵入,气井在生产过程中均不同程度产水。如何正确认识产水类型以及产水规律,提出相应的控水治水对策,对于凝析气藏高效开发至关重要。

1 产水类型

根据雅克拉—大涝坝、轮台凝析气藏气井产水情况,采用Cl⁻、含水率资料将产出水划分为3类:凝析水、粒间水^[1]、边底水(表1)。由于含水率往往受取样位置、井筒积液等因素的影响波动较大,因此把Cl⁻

含量作为主控指标,而含水率作为辅助指标进行判别。经数据统计,雅一大一轮凝析气田气井产凝析水的Cl⁻含量很小,一般小于1 000 mg/L,产边底水的Cl⁻含量都较大在(1~10)×10⁴ mg/L左右,产粒间水的Cl⁻含量介于两者之间。

表1 雅克拉—大涝坝凝析气藏产水分类

Table 1 Types of water production in Yakela-Dalaoba condensate gas reservoir

水型分类	雅克拉气田		大涝坝气田	
	主控指标 ρ(Cl ⁻)/ (g·L ⁻¹)	辅助指标 含水率/%	主控指标 ρ(Cl ⁻)/ (g·L ⁻¹)	辅助指标 含水率/%
凝析水	<1	<8	<1	<8
粒间水	1~10	8~40	1~10	8~40
边底水	>10	>10	>10	>10

2 产水规律及控制对策研究

2.1 凝析水

凝析气井在开发初期生产阶段呈现该特征,产出水为天然气中饱和的气态水。生产过程中含水、水气比低于理论值,Cl⁻含量在1 000 mg/L以下,米采气指数基本无变化。

产凝析水气井在生产过程中含水低,生产稳定,无需控制,保持气井稳定生产即可。

2.2 粒间水

2.2.1 产水特征

经过产凝析水阶段后,气井便进入产粒间水(含束缚水)阶段。由于粒间水产出受地层压降,生产压差、流体在地层中流速等的影响^[2],并非所有气井均出现产粒间水阶段。主要产水特征:(1)含水波动大(8%~40%),且部分井出砂;(2)水气比明显高于理论水气比;(3)化验Cl⁻含量较低,一般在(1~10)×10³ mg/L之间,介于凝析水与边底水之间;(4)采气指数等气藏物性参数、流动指标基本不受影响,说明产粒间水对产能影响不大。但日采油水平因含水上升而下降明显;(5)具有可逆性和周期性。

产粒间水气井生产过程中含水上升对产能无明显影响,但粒间水产出可能会降低凝析油采收率,造成气井出砂,影响生产。因此,需要适当控制。

2.2.2 控制对策

根据产粒间水气井具有可逆性特征,通过控制生产压差,可控制含水上升。雅—大凝析气藏开发过程中,针对其产粒间水的7口气井均进行缩嘴控水,有效控制含水上升,延长气井无水生产时间,保证气井稳产,控水效果显著。

2.3 边底水

2.3.1 产水特征

有边底水凝析气藏在开发过程中,随着地层压力下降,不可避免边底水的侵入,边水舌进或底水锥进到井底造成气井见水。产水特征:气井含水快速上升,气水比快速上升,同时Cl⁻含量持续上升至地层水Cl⁻值后稳定(图1),米采气指数快速下降(图2)。

2.3.2 控制对策

根据气藏类型、构造幅度、避水高度等将雅克拉、大涝坝、轮台见水气井初步分为4种凝析气井边底水见水模式,分别为构造幅度陡边水、构造幅度缓边水、避水高度高底水、避水高度低底水(图3)。根据不同的见水模式,提出相应的控水对策。

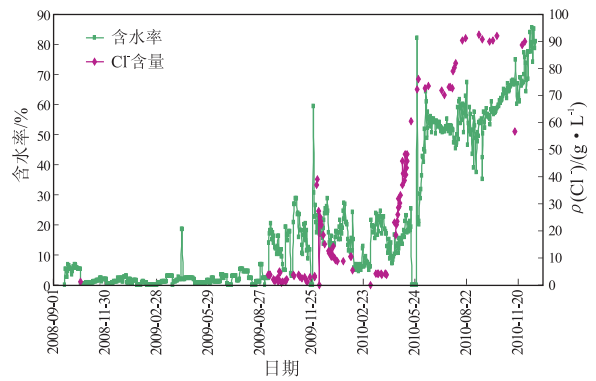


图1 Y14H井含水与Cl⁻含量关系曲线

Fig. 1 Water content vs. chlorine content of well Y14H

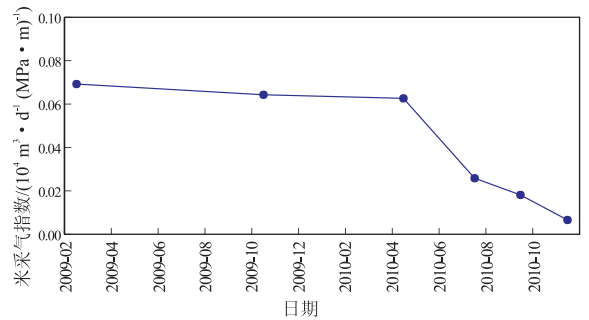


图2 Y14H井米采气指数变化曲线

Fig. 2 Gas productivity per meter of well Y14H

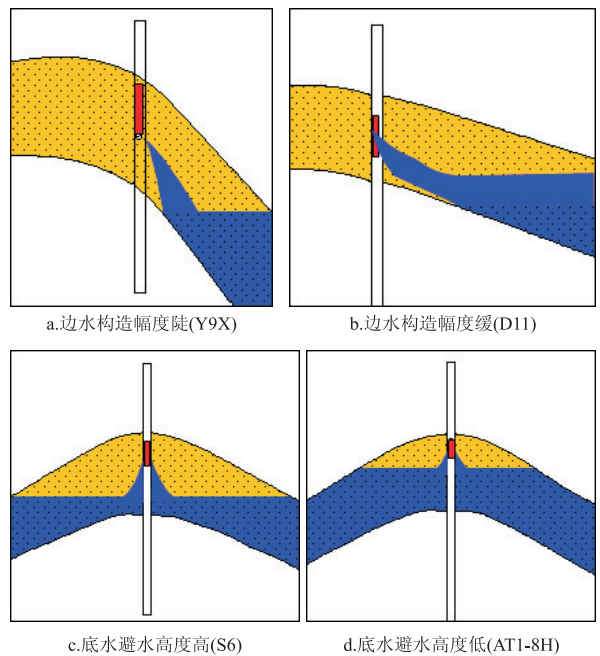


图3 4种见水模式

Fig. 3 Four models of water production

(1) 控水机理

气流在流动过程中,都要受到黏滞阻力及惯性阻力,随着生产压差的变化,会出现以下3种情况:

① $\Delta P > \rho gh + f_{阻}$, 边底水推进;

② $\Delta P < \rho gh + f_{阻}$, 发生重力流, 含水下降;

③ $\Delta P = \rho gh + f_{阻}$, 含水不变。

随着生产情况的不断变化, $f_{阻}$ 也是不断变化的, 但是在阶段时间内, $f_{阻}$ 可以保持相对稳定, 通过摸索临界生产压差, 可以有效地实施控水工作。

(2) 控水措施

① 陡边水控水

此类见水模式构造陡, 气水密度差大, 边水重力流起重要作用, 当生产压差小于重力+流动阻力后, 边水在重力作用下下移, 此时含水下降, 控水成功。因此, 针对陡边水, 气井见水后通过控制生产压差, 可控制含水上升。

针对陡边水见水气井 Y9X 井进行控制生产压差控水, 控水效果显著, 目前含水在 5% 左右, 生产稳定。根据 Y9X 井含水—生产压差的变化规律(图 4), 可看出由于生产压差增大, 2007 年 8 月开始见水并呈快速上升趋势。之后控制生产压差为 2.2 MPa, 含水基本上稳定, 之后进一步减小生产压差, 取得很好的控水效果。通过长期的控水实践, Y9X 井临界生产压差为 2.2 MPa, 压差大于 2.2 MPa, 含水将出现上升, 小于 2.2 MPa, 可以实施控水。

② 缓边水控水

由于构造缓, ρgh 很小, 重力流忽略不计, 控制生产压差(关井、调小工作制度)控水作用不大。针对缓边水, 主要采取早期控水。

根据缓边水 D11 井降低生产压差控水情况看, 从 D11 井含水—生产压差的变化规律(图 5), 气井见水后, 缩小生产压差控水, 含水上升趋势难以控制, 只是随着生产压差的变小, 含水上升速度变缓。

根据缓边水气井 D10X 井早期控水情况看, D10X 井位于构造边部, 在开发早期进行工作制度控制后, 一直保持无水稳定生产, 取得了较好的稳产效果, 早期控水效果显著(图 6)。

③ 避水高度高的底水控水

对于避水高度比较高的底水气藏气井, 控水效果与陡边水气井类似。气水高度大, 气水密度差大, 底水重力流起重要作用, 当生产压差小于重力+流动阻力后, 底水水锥在重力作用下下移, 此时含水下降, 控水成功。因此, 针对避水高度较高的底水, 气井见水后通过控制生产压差, 可控制含水上升。

针对避水高度高见水气井 S1、S6H 井进行控制生产压差控水, 控水效果显著。根据 S6H 井含水—生产压差的变化规律(图 7), 可看出由于生产压差增大, 2009 年 6 月开始见水并呈快速上升趋势。之后控制生产压差为 1.7 MPa, 含水基本稳

定, 取得很好的控水效果。

④ 避水高度低的底水控水

此类气井由于避水高度较低, ρgh 很小, 重力流忽略不计, 控制生产压差(关井、调小工作制度)控水作用不大。针对避水高度低的底水, 应该实施早期控水。

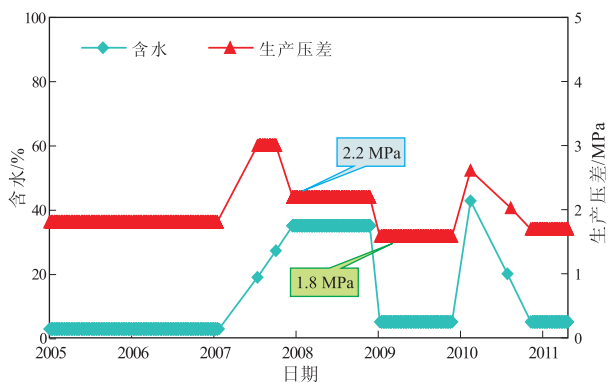


图 4 Y9X 井含水—生产压差模型

Fig. 4 Water content vs. production pressure difference of well Y9X

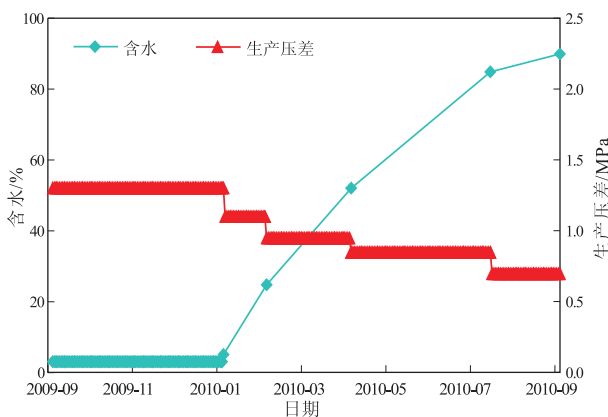


图 5 D11 含水—生产压差模型

Fig. 5 Water content vs. production pressure difference of well D11

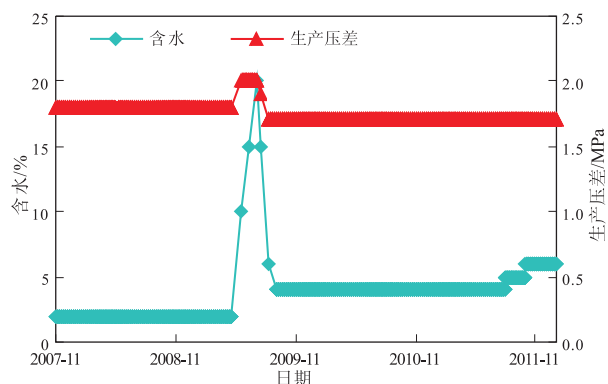


图 7 S6H 井含水—生产压差模型

Fig. 7 Water content vs. production pressure difference of well S6H

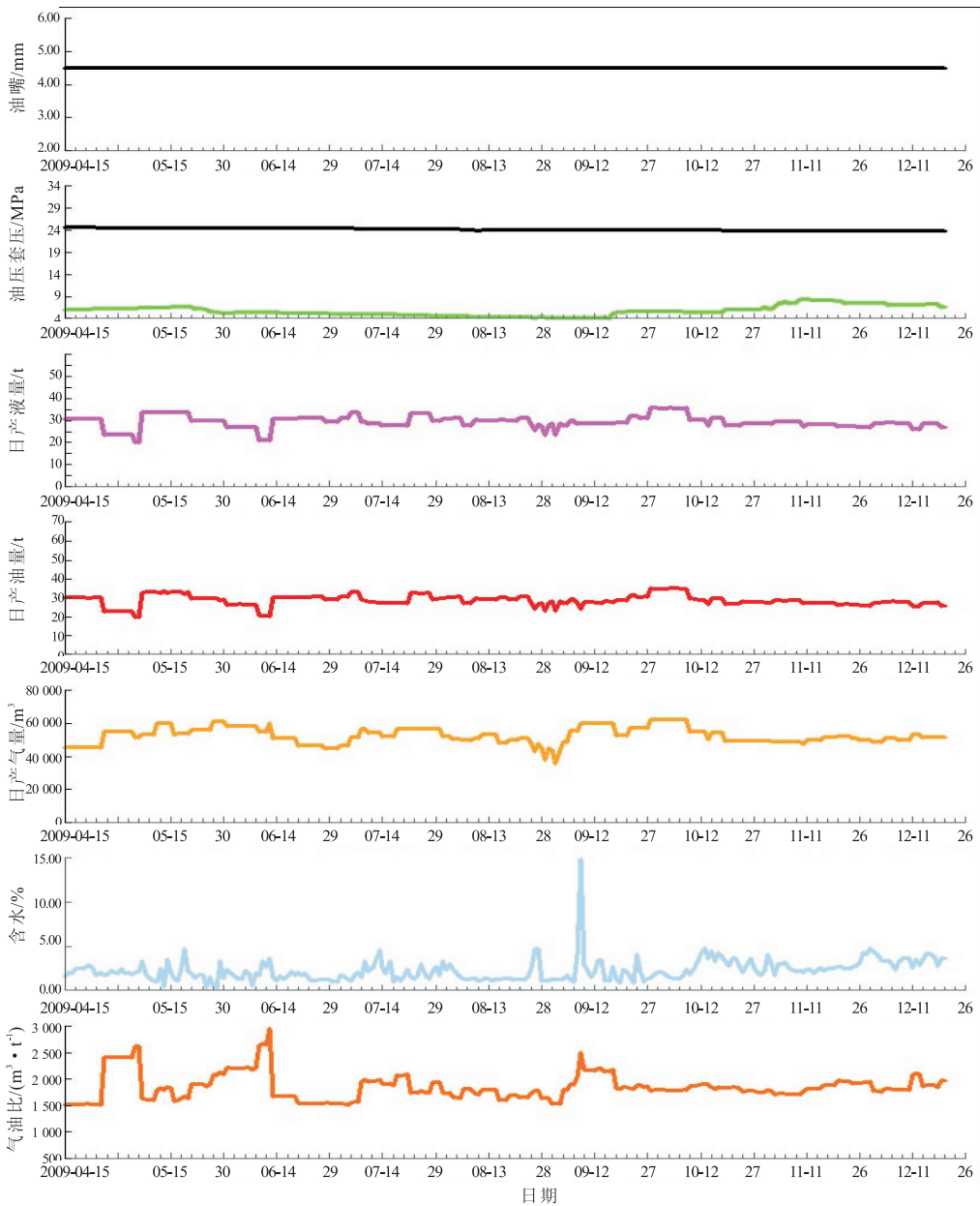


图6 D10X井生产曲线
 Fig.6 Production curve of well D10X

3 结论

1) 根据雅一大凝析气藏气井产水特征, 主要分为凝析水、粒间水、边底水3种产水类型。

2) 产凝析水、粒间水对气井产能影响不大, 但见边底水对产能影响大, 需要采取有效的控制措施, 延长气井生产时间。

3) 初步建立4种边底水见水模式, 其中陡边水、底水避水高度较高的气井, 控制生产压差, 控水

效果显著。缓边水、底水避水高度较低的井, 见水后控水效果不理想, 应采取早期控水。

参考文献:

[1] 周守信, 孙福街, 张金庆, 等. 气藏粒间水产出量预测方法研究[J]. 中国海上油气, 2008, 20(6): 386-388.
 [2] 郭平, 黄伟岗, 姜贻伟, 等. 致密气藏束缚与可动水研究[J]. 天然气工业, 2006, 26(10): 99-101.

(编辑 黄娟)