

辽河断陷气藏开采特征

宣大文 丁桂荣

(辽河石油勘探局科学技术研究院)

内容提要 辽河断陷油气相当丰富。断陷内尚未发现气田,气藏属油气田中的夹层气及气顶气,且储量分散,类型多样,在开发及开采上均不同于一般气田。本文系统介绍了辽河断陷气藏的基本地质概况、开发特点及开采特征,并提出了相应的开采措施。

一、气藏的基本地质概况

辽河断陷是渤海湾油气区的组成部分之一,油气相当丰富,天然气资源较相邻盆地尤为富集,主要是油型气,有少量生物成因气,并见煤成气显示。断陷内尚未发现气田,气藏属油气田中的夹层气及气顶气。其基本地质特征如下:

1. 纵向上含油气井段又多又长,气层与油层、水层交互出现。

盆地主要生储油气层属第三系下统沙河街组和东营组,在沉积的同时和以后,经历了多次断陷,形成多套生储盖组合,相应聚集多套含油气层系。每套层系内又有多组油气水层,即多个气藏(指断块内纵向相邻的一组气层,层间无稳定泥岩隔层,有的为一个单层)。如兴隆台油气田的兴86井,在1471m的井段内有5套含油气层系,有40层共126m厚的气层;31层共131m厚的油层。

2. 断块是气藏的基本开发单元。

断陷内目前发现的气藏都是断块油气田中的气藏。多次构造断裂活动形成的多组断块,将油气田切割成众多形状不一、面积不等的断块,每个断块油气水分布自成系统,油气及气水界面深度、油气藏类型、压力大小各不相同,相邻断块有的差异也很大。

以气储量较多的兴隆台油气田为例,它是一个被断层破坏的北东—南西向背斜,构造上发育55条断层,这些断层把油气田切割成7个三级断块区58个四级断块,其中含油气断块46个。断块面积最大 3.95km^2 ,最小只有 0.08km^2 。四级断块不仅是油藏的基本开发单元,也是气藏的基本开发单元。

3. 气藏储量分散,类型多样。

气藏储量分散。以兴隆台小断块油气田为例,沙一段共134个气藏,合计地质储量 105.15亿m^3 ,其中储量小于 0.5亿m^3 的77个; $0.5\sim 1.0\text{亿m}^3$ 的35个; $1.0\sim 2.0\text{亿m}^3$ 的11个; $2.0\sim 3.0\text{亿m}^3$ 的3个;大于 3亿m^3 的(主要是气顶油气藏的气顶)8个,小于 1.0亿m^3 的共112个,占气藏总数的84%。

断陷盆地地质条件复杂,故油气藏类型也相当复杂。按油气水空间分布形态划分,气藏可分为纯气藏、边水气藏和气顶气藏三类:

(1) 纯气藏 为不接触油水的层状或透镜状气藏。层状者多为断层构造遮挡封闭,单层厚度 $1\sim 10\text{m}$ 左右;透镜状者多分布在浅部层位,为次生气藏或生物成因气,单层厚度较薄,一般 $2\sim 3\text{m}$ 以下,岩性横向变化大,延展不规则,断续出现,但层数多,纵向交错重叠,单个气藏储量很小。

(2) 边水气藏 单层厚度同纯气藏。水体范围大小、地层产状和渗透性不同,致使水驱能量有强有弱。如边水气藏较多的兴隆台油气田,各块层含气面积一般 $0.2 \sim 0.6 \text{ km}^2$, 少部分 $0.6 \sim 1.5 \text{ km}^2$, 水体面积相当含气面积的倍数一般小于5, 个别可大至20~25, 总的说大部分块层水驱能量不强, 为弱弹性水驱气藏, 少部分为弹性水驱气藏。

(3) 气顶气藏 即气顶油气藏。含油气体积储量大小不一, 油环有大有小, 油环外有或没有边、底水存在, 水体大小也不一致。

不同气藏类型的分布特点是: 一个油气田的同一层系, 由于构造相近, 一般多以某一气藏类型为主, 伴有其他气藏类型。如兴隆台油气田沙-上中含油气层系以边水气藏为主, 有少部分气顶气藏和纯气藏; 沙-下含油气层系以气顶气藏为主, 有少部分纯气藏和边水气藏。

4. 储气层渗透性能好。

盆地第三系尽管为近物源快速堆集的沉积物, 储气层岩性物性在不同部位变化较大, 但都属于物性很好的层状砂砾岩、砂岩、粉砂岩孔隙储气。

根据6个油气田42口井2920块气层岩心分析, 主要储气层沙-下层的平均孔隙度为17.4~27.5%, 空气渗透率为 $0.346 \sim 1.940 \mu\text{m}^2$ (361~1966md); 沙-上中的平均孔隙度为21.4~29.6%, 空气渗透率为 $1.437 \sim 6.810 \mu\text{m}^2$ (1456~6900md); 东营组平均孔隙度20.2~25.9%, 空气渗透率为 $0.271 \mu\text{m}^2$ (275md)。

二、气藏的开发特点

1. 辽河断陷目前探明的油气资源, 以油为主, 以气为辅, 全局气藏气储量 (km^3) 与油储量 (t) 之比为0.05, 即按热值计

算, 探明的原油大致是气藏气的20倍 (气藏气中包括气顶储量在内)。相应天然气资源中, 油藏溶解气多于气藏气, 全局气藏气与油藏溶解气的储量比为0.87。

针对这样的含油气盆地, 这类气藏的开发不同于一般气田, 大致应遵循如下原则:

(1) 各油气田均以布置油的开发井网为基础, 根据油气层发育情况, 少量井改为气井, 并根据需要, 补打个别气井。

(2) 要选部分纯气藏或弱弹性水驱气藏, 作为气举采油的气源, 使油井保持自喷能力。

(3) 规划采供气时, 首先考虑利用全部油井伴生气, 再根据油井气的短缺情况, 安排气藏气的产量。油井气产量波动较大, 同时需气量也随季节而变化, 这就需要气井气来调剂。需要量少时, 除气举气源井及高含水气井外, 其它井可暂闭; 需要量多时, 可动用不能长年开的气井 (气顶气藏的井及能力不足的间开井), 或适当加大部分气井的产量, 以保证采供气平衡。

2. 断块是气藏的基本开发单元。各断块的含气层系、厚度、储量、气藏类型各不相同, 故不能统一划开开发层系, 要视各块情况区别对待。灵活掌握, 分别划分组合。具体划分时, 必须以一定的储量为基础, 以保证气井能较长时间地高产、稳产。

三、气藏的开发特征

1. 辽河断块气藏开采一般可分为: 稳产期和递减期, 气井非同时投产的多井块层, 还有产量上升期。采气速度过大 (超过15~20%), 属于能量利用不合理, 没有稳产期。

辽河断陷各气藏的采气速度, 初期一般为3~15%, 中后期随产量递减而下降。稳产期约2~4年, 稳产期采出程度不等, 气驱气藏为30%左右, 弹性水驱气藏为25~

50%。

气驱气藏的递减期符合指数型递减规律,即在投产井数及工作制度不变的情况下,气产量与时间及气产量与累计产气量,分别在半对数坐标及普通坐标上呈直线关系。弹性水驱气藏进入递减期后,在投产井数及工作制度不变的情况下,受水驱能量、气井出水及采气速度变化影响,递减情况比较复杂,一般初期呈指数型,后逐渐减缓为近似调和曲线型,有的为波动下降。

2.各阶段地层压降百分数和采出程度大致相等是气驱气藏的基本开采特征。辽河各气藏采气速度一般在15%以下,有的断块个别阶段在20%左右。纯气藏开采中产少量凝析油、凝析水,个别纯气藏在开采后期发现有少量地层水产出,因为在低部位有小边水,这类气藏后期采出程度略高于地层压降百分数。

3.开采实践表明,断块油气田的边水气藏是封闭型的,一般无外界能量补给。弹性水驱能量大小主要取决于断块内有限水体的大小及水体与气体体积的相对比例。

兴隆台等油气田的部分边水气藏,气井出水量不多,日产水一般 $1\sim 2\text{ m}^3$ 以下,最高不超过 10 m^3 ,气水比一般小于 $0.06\sim 0.1\text{ m}^3/\text{km}^3$,生产中,气水比稳定。这类气藏属弱弹性水驱气藏,气井停喷往往是因关井造成井下积液所致,如能及时采取排水措施,大都能恢复正常生产。

热河台、兴隆台、黄金带油气田的部分边水气藏,出水初期产水量不多,但中后期水量和气水比上升。当进入高含水阶段,即气水比达到 $0.5\sim 1\text{ m}^3/\text{km}^3$ 以后,气水比上升更快。高时,日产水 $30\sim 50\text{ m}^3$,气水比达 $2\text{ m}^3/\text{km}^3$,最高日产水 $70\sim 90\text{ m}^3$,个别 100 m^3 以上,气水比达 $6\sim 9\text{ m}^3/\text{km}^3$ 。这类气藏属弹性水驱气藏,出水后对气产量影响大,一般若气水比在 $2\text{ m}^3/\text{km}^3$ 以下,1500

$\sim 1800\text{ m}$ 深的井,63.5mm(2½英寸)油管,管内气水(有的还有凝析油或原油)混合柱流动压降 $1.5\sim 3.0\text{ MPa}$,这时气井一般能较长期带水生产。若气水比为 $2\sim 4\text{ m}^3/\text{km}^3$,则压降为 $3\sim 5\text{ MPa}$;若气水比为 $4\sim 9\text{ m}^3/\text{km}^3$,则压降为 $5\sim 10\text{ MPa}$,此时地层压力一般已较低,极易水淹停喷。

有的边水气藏,在开采过程中发现气水之间有的有油环,有的没有油环。如兴隆台油气田沙一段的边水气藏有油环,而东营组上部气藏则没有油环,这与各油气田的含油气层系分布状况是吻合的,即没有油环的边水气藏分布在各油气田含油气层系上部,气体组分高含甲烷,是油气藏沿裂缝向上运移的次生气藏。而有油环的边水气藏则是含油层系中的气藏。

有油环的边水气藏,由于原油粘度大,可阻止或减缓边水侵入气藏。如兴5块沙-上中的气藏,四年多时间边水以平均 100 m/y 的高速度推进,亦未突破油环进入气藏。而没有油环的边水气藏,如兴隆台油气田东营组、热河台油气田沙一段的大部分气藏,无水采气期短或没有无水采气期,见水后气水比上升快,部分井出砂严重,受水、砂影响,气井不能正常生产。

弱弹性水驱气藏的开采过程,一般近似于气驱气藏,由于一定水驱能量的作用,中后期地层压力下降百分数略低于采出程度,但井筒气水混合柱流动压降又高于纯气驱者。其采收率大致与气驱气藏相同,主要取决于废弃压力。

兴隆台油气田沙一段的弹性水驱气藏,无水采收率多在60%以上,气藏采收率可高达80~95%。如兴5断块沙-上中的气藏,地质储量 1.05 亿 m^3 ,1972年5月投产,无水采收率为75%。热河台油气田的弹性水驱气藏,含气体积小,水体大,水驱能量强,

(下转38页)

46 Production Characteristics of Gas Pools in the Fault Depression of Liaohe

The oil and gas resources abound in the fault depression of Liaohe, but none gas field has been discovered in it. The gas pools belong to both interbedded gas and cap gas in oil and gas field, and have various types. The reserves are scattered. They are different from the common fields in development and production. This paper systematically introduces the basic geological outline, production characteristics and development behaviours and presents the appropriate measures for gas production.

Xuan Dawen, Ding Guirong

DRILLING/PRODUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

49 Studies of Balanced Drilling and Well—Control Technique in Sichuan Region

Dozens of serious accidents in blow wild and firing happened in Sichuan region since the 1950s, suffered heavy loss and accumulated a wealth of practical experiences at the same time. Therefore, to develop the studies of balanced drilling and well-control technique are the main problems which must be anxiously solved in oil and gas exploration. A key task team constituted by Sichuan Petroleum Administrative Bureau and Southwestern Petroleum Institute has gained the results in ten respects through their efforts in three years. No any serious accident in blow wild and firing happens in more than three years, effectively protecting oil and gas formations, promoting the raising of drilling speed, forming a complete series of pressure-control techniques adapted to the oil and gas wells in fractured carbonate reservoirs in Sichuan and getting obvious economic and social profit. The main contents, results and profits of this problems are summerily introduced in this paper.

Zeng Shitian, Wu Liusheng, Gao Bihua

61 Preliminary Discussion on Deep Drilling Technique

According to the situation of deep drilling in our country and starting from the practice, this paper states the understanding and technical problems which must be sloved anxiously in deep drilling. Three aspects, i.e. raising the equipment capacity of drilling rig and main technical problems of deep drilling as well as enhancing the basic quality of drilling, have been emphatically discussed. The suggestions of improving technique are proposed for raising the drilling speed and technical level.

Li Pixun

69 Cementing with High Density Ilmenite Cement

The high density ilmenite cement is made from 95°C cement (as a base material) and ilmenite powder(as filling compound). The density of dry ilmenite powder $\geq 4.0\text{g/cm}^3$. Cementing practice of 8 wells in North West Mining Area of Sichuan Petroleum Administrative Bureau indicates that after the high density ilmenite cement combines with the retarder and water-reducing agent, its water-cement ratio is low, slurry's density is high and flowability is good. All of these had guaranteed the normal construction in the high pressure zones and obtained a good quality cementing.

Xiao Desheng