

# 油气工程中凝析气藏的开发技术分析

李瑞晓

中石化新疆新春石油开发有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i6.6030

**[摘要]** 我国油气领域内的凝析气藏数量逐渐增多, 成为石油化工领域研究的热点。本文以某凝析气藏为例, 对凝析气藏开发的相关参数进行全面分析, 为采油厂开展凝析气藏的采油气工程提供理论和实践参考, 丰富相关研究理论, 实现凝析气藏的有效开发。

**[关键词]** 采油气工程;凝析气藏;水平井

## Development of condensate gas reservoir in oil and gas engineering

Li Ruixiao

Sinopec Xinjiang Xinchun Petroleum Development Co., LTD., Dongying City, Shandong Province 257000

**[Abstract]** The number of condensate gas reservoirs in the oil and gas field in China is increasing and has become a hot spot in the field of petrochemical industry. In this paper, taking a condensate gas reservoir as an example to make a comprehensive analysis of the relevant parameters of condensate gas reservoir development, to provide theoretical and practical reference for the oil production plant to carry out the oil and gas production engineering of condensate gas reservoir, enrich the relevant research theories, and realize the effective development of condensate gas reservoir.

**[Key words]** oil production and gas engineering; condensate gas reservoir; horizontal well;

### 1 绪论

#### 1.1 研究背景和意义

凝析气藏是一种复杂的油气藏类型, 其地质条件和开发难度都较高。我国是世界上最大的天然气消费国, 而凝析气藏也在逐渐增多, 成为石油化工领域研究的热点。凝析气藏的开发可以有效提高我国天然气产量, 满足国内能源需求, 促进能源结构调整, 同时也具有较高的经济效益和社会效益。因此, 对凝析气藏的开发技术进行深入研究和探索, 不仅有利于优化我国的能源结构, 还有助于提升我国的国际竞争力, 具有重要的意义。本文旨在探究凝析气藏开发的技术方法, 通过数值模拟技术对某一凝析气藏进行分析, 以期对相关研究提供新的理论和实践参考, 推动凝析气藏的有效开发和利用。

#### 1.2 国内外研究现状

国内外学者对凝析气藏的开发技术进行了广泛的研究。国外主要研究成果包括凝析气藏的评价和开发技术、流体相行为和沉积地质学等方面。国内的研究主要集中在凝析气藏的形成机理、评价方法和开发技术等方面。随着国内外能源需求的增长, 凝析气藏的开发技术也在不断地发展和完善。目前, 凝析气藏的开发技术已经取得了一系列重要的进展, 例如水平井、压裂等技术的应用, 为凝析气藏的开发提供了更多的手段和方

法。然而, 与此同时, 凝析气藏开发中的技术难题和环保问题也需要我们关注和解决。

### 2 凝析气藏的形成及特点

#### 2.1 凝析气藏的定义及分类

凝析气藏是指由于油气井的产气压力低于油气饱和压力, 导致气态成分在井口下凝结为液态, 形成液态层, 而存在的一种油气藏。根据其气液相态关系的不同, 凝析气藏可以分为近平衡态凝析气藏和过平衡态凝析气藏两类。

#### 2.2 凝析气藏的形成机理

凝析气藏的形成机理是由于天然气中的液态烃类在孔隙中逐渐聚集形成凝析相。随着孔隙中烃类凝析物的不断积累, 会形成凝析层。随着生产的不断进行, 凝析层逐渐移向井筒, 在减压作用下, 凝析相逐渐变成气态, 形成产液气两相共存的凝析气藏。

#### 2.3 凝析气藏的特点及评价指标

凝析气藏的特点包括: 气液两相共存、油气比较低、凝析油和天然气成分复杂、地质条件复杂、开发难度大等。对凝析气藏进行评价时, 需要考虑凝析气藏的主要评价指标, 包括油气分布规律、原油组分及物性、岩石物性参数、地质储量估算、产能预测等。这些指标有助于确定凝析气藏的开发方案, 提高

采收率 and 经济效益。

### 3 凝析气藏的开发技术

#### 3.1 采气系统的设计与优化

采气系统的设计是凝析气藏开发的核心, 主要涉及到气井的井筒、采气管道、处理设备等方面。为了提高采气效率和经济效益, 需要进行系统优化设计。优化设计的关键是通过合理的井网布置和气井工艺措施, 提高凝析气藏的采收率和生产效率。

#### 3.2 凝析气藏的地面处理技术

地面处理技术主要包括气液分离、液态凝析油处理、气态凝析气处理、天然气净化等。针对凝析气藏的特点, 需要开发出适合的地面处理技术, 以确保产出的天然气达到规定标准, 同时减少环境污染和安全风险。

#### 3.3 凝析气藏的井网优化设计

井网优化设计是凝析气藏开发的重要环节, 通过合理的井网布置和井距调整, 可以提高采收率和生产效率。同时, 还需要考虑井网设计的经济性和环保性, 保证开发过程中的经济效益和环境友好。

#### 3.4 凝析气藏的增产技术

凝析气藏的增产技术包括注水、气体驱替和油气压裂等。这些技术的应用可以有效提高凝析气藏的采收率和生产效率。其中, 油气压裂是目前较为常用的技术, 通过在井中注入压裂液, 使砂岩等储层裂缝增加, 从而提高气井的渗透率和采收率。

#### 3.5 凝析气藏的压裂技术

压裂技术是凝析气藏开发的重要手段之一, 主要包括水力压裂、化学压裂和气体压裂等。水力压裂是一种常见的压裂技术, 通过在井中注入高压液体, 使砂岩等储层裂缝增加, 从而提高气井的渗透率和采收率。同时, 化学压裂和气体压裂也是可行的技术手段。压裂技术的应用可以提高凝析气藏的产出效率和经济效益。

## 4 某凝析气藏的开发案例分析

### 4.1 采油气工程概况

结合中国石化某凝析气藏的实际情况, 分析了该方法的特点, 并对该方法在石油和天然气工程中的应用进行了讨论。研究表明, 该凝析气藏为含油环状油气藏, 其开发受控于岩性、构造等因素, 且以构造低缓部位为主。经现场勘探及相关资料分析表明, 该凝析气藏不均匀, 垂向及横向连通性差, 边底水稳定性好。根据统计资料, 其含气区域为 5.3 平方千米, 油环含油区域为 1.8 平方千米, 其中天然气、原油和凝析油分别为 30.13 亿立方米、170 万吨和 110 万吨。通过对凝析气藏样品的 PVT 分析, 发现其储层中的原油挥发性很强, 在高压下呈现出明显的收缩。

针对凝析气藏的这些特征, 对其进行了油气藏的数值模拟, 并对其各项参数、油气开发过程及开发技术进行了研究。石油天然气储层数值模拟技术是在石油天然气储层开采原理

与机制的基础上, 对石油天然气储层进行综合评价, 以确定石油天然气储层的各个参数, 对石油天然气储层的开发过程进行模拟, 并对其动态进行预测。为了更好地体现凝析气藏的不均一性, 同时也充分考虑了各因素的影响, 将多组分、多相渗流模型应用到凝析气藏液相储层的开发中。

### 4.2 凝析气藏开发技术分析

#### 4.2.1 凝析气藏开发井的参数设计

在凝析气藏开发中, 井眼参数的选取直接关系到生产效果。井网井距、井型等是影响井下产量的主要因素。凝析气藏在井型选择上, 一般有水平井型和垂直井型。在水平井类型的选择中, 要充分考虑水平井区对原油开采的影响, 同时要合理地确定水平井区的长度, 保证了凝析气藏的高效开发。

#### (1) 井网井距

凝析气藏的开发要从两个方面进行, 即油环区和凝析储层的井网与井网的间距设计。在油环带上, 利用 Eclipse 软件计算了各距离所对应的井数, 并利用油层数值模拟方法, 对各距离对采出度的影响进行了预测。计算结果显示, 在 425 米以下, 原油的采出度基本上没有变化。在综合考虑开采费用的基础上, 通过对实际情况的综合经济分析, 得出了 500 米的最佳井距。

针对凝析油气藏, 分别选取了 600 米、800 米、1000 米三个井距参数, 并进行了相应的井数和采出度计算。计算结果显示, 当井间距为 600 米时, 开采 10 年的采出率为 43%, 15 年的采出率为 56%, 30 年的采出率为 78%; 如果井距为 800 米, 则 10 年的采出率是 33%, 15 年的采出率是 47%, 30 年的采出率是 70%; 以 1000 米为单位计算, 10 年为 22%, 15 年为 33%, 30 年为 58%。尽管井间距小, 产出率高, 但是与之相对应的是, 需要增加井的数量, 增加了投资。所以, 在确定凝析油气藏的井位时, 也要考虑到各种井位所带来的经济效益。

在此基础上, 提出了一种基于采出度的内生收益率、净现值及各井间距的方法。研究发现, 当井距为 600 米时, 该方法的内部回报率达到了 6.91%, 净现值达到了 -3380 万元, 静态回收期达到了 7.24 年, 动态回收期低于 10 年; 当井距为 800 米时, 其内部回报率为 10.7%, 净现值为 -636 万元, 静态投资回收期为 5.88 年, 动态投资回收期不到 10 年; 当井距为 1000 m 的时候, 内部回报率是 14.8%, 净现值是 951 万元, 静态投资回收期是 5.13 年, 动态投资回收期是 8.33 年。我们可以看到, 当井距为 1000 m 时, 净现值是正值, 600 m 和 800 m 的净现值都是负数, 而 1000 m 井距时的内部收益率最高, 回收期最短, 经济效益也是最高的, 所以, 我们最后选择了 1000 m。

#### (2) 井型

在开发凝析油气藏时, 常用的井型有水平井和直井。水平井虽然费用更高, 但是生产效率更高。到目前为止, 国内只有呀哈凝析气藏的水平井得到了成功的应用。针对某炼油厂的凝析气藏, 根据其油环主力储层特征, 运用油气储层数值模拟技

术, 建立了一个机械模型, 并对凝析气顶、边底水等因素对水平井的影响进行了分析。对两种采煤方式进行了模拟, 确定了两种方式的相应采出度。通过分析得出, 水平井比直井的采出率高, 从而确定了水平井的采出率。

### (3) 水平段长度

在确定了水平井之后, 为了进一步提高凝析气藏的采收率, 必须选取合适的水平井段长。在此基础上, 根据凝析气藏的实际情况, 确定了300米、450米、600米、1000米的水平剖面, 并进行了数值模拟。针对某炼油厂凝析气藏油环带厚度大、水平带长度大、射孔处距凝析气藏近等问题, 提出了一种新的解决方案。为此, 在凝析气藏水平井的水平段长设定为600米。

### 4.2.2 凝析气藏开发流程

凝析气藏的开发与一般的石油、天然气、凝析油等开采方式不同, 是一个综合考虑的问题。凝析气藏可分为三个阶段, 即先油后气, 先气后油, 再油后油, 以及同时采出的油气, 这些阶段所依据的基本条件和需求都不相同, 因此, 其采出程度也就不一样。针对某油田凝析气藏开发过程中的实际情况, 运用数值模拟方法, 对各工艺过程进行了预测, 得出了最佳工艺过程。模拟结果显示, 在油田15年内, 油水比分别为10.5%和14.9%;30年内, 油水比分别为11.4%和29.1%;先气后油的油田15年的产出率和产出率分别为4.9%和23.3%,30年的产出率分别为6.9%和28.7%;油气同采15年, 原油和天然气的采出率分别为10.9%和28.9%, 而天然气的采出率均低于30年。通过对油藏和天然气开采水平的综合比较, 认为先油后气的方法具有较高的采收率。

在“先气后油”的思路下, 由于凝析气藏开发过程中, 由于凝析气藏开发过程中的储层压力不断下降, 使得油环带内的原油向储层带内流动, 从而增加了储层带内原油的开发难度, 并使一部分原油滞留于地下, 从而影响了储层的开发。另外, 由于其油环处原油收缩强烈, 容易造成原油压力下降和采油能耗下降, 导致总体采收率不高。在“同采”模式下, 储层早期存在高压, 凝析层位对储层的驱动力很强, 使得储层内原油产量显著增加, 但后期储层压力下降, 导致储层原油产量下降。

### 4.2.3 凝析气藏开发工艺

凝析气藏的开发过程比较复杂, 要从气、凝析油、油三个方面综合考虑。在这些开采方法中, 以耗竭开采法和循环开采法为应用最为广泛的开采方法。以某油田凝析气藏为对象, 对其开采技术进行了分析, 并对其开采技术进行了分析。循环性注气技术是将天然气持续注入到凝析储层中, 利用驱替效应来提高凝析油的采收率, 并在一定程度上保持地层压力, 保证采气井的高效率。但是, 由于凝析油含量、储集区地质条件和储集区天然气储量等多种因素的影响, 因此, 对循环注气法的开发具有一定的指导意义。

针对某油田凝析气藏开发过程, 应用油气藏数学模型, 对其开发过程进行了耗竭式开发、循环注气量占凝析气储量30%的循环注气量、循环注气量0%的循环注气量以及循环注气量50%的循环注气量进行了模拟。模拟计算表明, 该油田在耗竭过程中所承受的压力为23.7 MPa, 产出率为29.4%;在周期内, 30%的注气井, 其开采水平分别为23.5 MPa和28.3%;周期注入气体40%时, 开采水平为23.8 MPa, 开采率为29.5%;在此基础上, 进行了50%的周期性注气井开采, 其开采水平为24.1 MPa, 开采率为33.2%。虽然50%周期注气法具有最大的开采压力和最大的采出率, 但是由于其垂向和横向连续性差, 注水率不高, 使得注水井周围存在着高压而生产区压力降低的现象, 从而导致了凝析油的流失。从经济效益的角度来看, 耗竭式开采具有较大的经济效益, 而循环注气法开采具有较大的经济效益。

总之, 对于凝析气藏的开发工艺选择, 需要根据具体情况综合考虑各种因素, 选择最优的方案。

## 5 结语

总之, 凝析气藏的开发技术是影响其开发成果的重要因素。为提高凝析气藏的采收率, 获取更大的收益, 石化公司可以参考某油田的成功经验, 引入油气储层的数值模拟技术, 事先对其进行仿真, 确定井网、井距、井型等参数, 对凝析气藏的开发流程进行标准化, 并对开发工艺进行合理的选择。这将极大地提高凝析气藏的开发效果, 带来巨大的经济效益。所以, 在凝析气藏的开发中, 应用数值模拟技术, 对石化公司的凝析气藏开发具有十分重要的意义。

## [参考文献]

- [1]凝析气藏开发中后期注气提高采收率[J]. 陈雷;罗辑;饶华文;冯信萃;康爱红;乐潇.新疆石油地质,2019(01)
- [2]海上层状油藏油井水驱采出程度预测[J]. 张维易;李百莹;陈增辉;徐良;徐浩.特种油气藏,2016(03)
- [3]致密储层采出程度影响因素[J]. 沈鹏飞;金萍;范晓东;郭汉卿.大庆石油地质与开发,2017(01)
- [4]水驱油田采出程度计算及措施效果评价[J]. 吴湛, 彭鹏商.石油学报,1994(01)
- [5]不同采出程度下石油组分变化特征[J]. 刘晓艳,李宜强,冯子辉,李景坤,郭树岐.沉积学报,2000(02)
- [6]浅析凝析气藏开发特征及技术措施[J]. 杜娜;庞进.中国石油石化,2016(S1)
- [7]基于采出程度的高含水期低饱和度油层补孔时机优化[J]. 崔传智;吴忠维;杜庆龙;朱丽红;单高军.大庆石油地质与开发,2018(03)
- [8]低渗凝析气藏开发方案研究[J]. 杨树合,周宗良,杨波,杨丽容,高维刚.天津科技,2004(04)