

低渗透凝析气藏产能影响因素分析

李瑞晓

中石化新疆新春石油开发有限责任公司 山东省东营市 257000

【摘要】本文研究了低渗透凝析气藏的产能影响因素。该类型气藏具有低渗透和凝析气藏的特征，而在实际生产中，低渗透特性会导致凝析气藏产生反凝析和反渗析现象，进而严重影响气藏的开采效果。本文以某油田区块低渗透凝析气藏为研究对象，通过深入分析其开采过程中反凝析和反渗析现象对产能的影响，提出了有针对性的应对策略，以提高该类型气藏的产能。研究表明，储层物性、开发方式和压裂技术等因素对低渗透凝析气藏的产能影响显著。本文的研究成果可为低渗透凝析气藏的开发提供科学依据和指导意义。

【关键词】低渗透凝析气藏；产能影响因素；反凝析；反渗析；储层物性；开发方式；压裂技术。

Analysis of influencing factors of production capacity of low permeability condensate gas reservoir

Li Ruixiao

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

【Abstract】This paper studies the factors affecting the production capacity of the low permeability condensate gas reservoir. This type of gas reservoir has the characteristics of low permeability and condensate gas reservoir, but in the actual production, low permeability will lead to the phenomenon of inversion and reverse osmosis in condensate gas reservoir, which will seriously affect the mining effect of gas reservoir. This paper takes the research object of this reservoir, and analyzes the influence of reverse condensation and reverse osmosis on the production capacity in the production process, so as to improve the production capacity of this type of gas reservoir. The results show that the reservoir properties, development method and fracturing technology significantly affect the production capacity of the low permeability condensate gas reservoir. The research results of this paper can provide scientific basis and guiding significance for the development of low permeability condensate gas reservoir.

【Key words】low permeability condensate gas reservoir; production capacity influence factors; reverse coagulation; reverse osmosis; reservoir properties; development method; fracturing technology.

1. 绪论

随着勘探技术的不断提高，深层低渗凝析气藏的发现越来越多，这类气藏在凝析气田开发中的地位也日益重要。然而，凝析气藏开发中的反凝析现象却成为了一个重要的难题，它不仅会造成凝析油的损失，还会降低气相的渗流能力，给气藏开发带来更大的难度，不利于相关企业的经济效益提升。

因此，本文选取某油田深层低渗凝析气藏为研究对象，旨在深入分析低渗透凝析气藏开发技术难点，并提出低渗透凝析气藏产能影响因素，以提高低渗透凝析气藏的产能。研究发现，低渗透凝析气藏的产能受到储层物性、开发方式和压裂技术等多种因素的影响，这些因素需要深入探讨。本文将对低渗透凝析气藏的基本特征与产能关系进行分析，探讨低渗透凝析气藏储层物性、开发方式和压裂技术等因素对产能的影响，为低渗透凝析气藏的开发提供科学依据和指导意义。

2. 凝析气藏的概念

凝析气藏是一种特殊类型的天然气藏，其储集岩层是由多孔性低渗透性岩石组成的。该类型气藏的天然气主要以液态状态存在，因此需要一定的压力和温度来维持其存在状态。由于其特殊的物理和化学性质，凝析气藏开采难度较大，且开采过程中存在多种技术难题。

2.1 低渗透凝析气藏的产能影响因素

低渗透凝析气藏的产能主要受到以下因素的影响：

(1) 储集岩石的物性特征：包括孔隙度、渗透率、压实度等。岩石的物性特征决定了气体在储集岩石中的流动性和扩散性，进而影响气藏的产能。

(2) 凝析气的物理特性：包括凝析点、沸点、密度等。凝析气的物理特性影响了气体在储集岩石中的存在形态和产量。

(3) 储层渗透性的改善：低渗透凝析气藏的开采需要对储层渗透性进行改善，以提高气藏的产能。渗透性改善的方法包括压裂、酸化处理等。

(4) 开采压力的调整：合理的开采压力可以提高气藏的产能，但是过高的开采压力会导致气体的渗流速度过快，进而降低气藏的产能。

2.2 国内外相关研究现状

目前,国内外学者对低渗透凝析气藏的产能影响因素进行了广泛的研究。国内外研究成果表明,低渗透凝析气藏的产能受到储集岩石物性、凝析气的物理特性、储层渗透性和开采压力等多种因素的影响。近年来,国内外学者在凝析气的物理化学性质、储层改善技术、开采压力调整等方面取得了一系列的研究进展。

2.3 研究方法

研究低渗透凝析气藏的产能影响因素需要多种研究方法。其中,实验研究是基础,可模拟不同的地质条件,研究不同的物理化学现象,以及不同的生产方式和工艺流程对产能的影响。通过实验可以控制实验条件,提供高精度的数据,是必要手段之一。模拟仿真能快速得到大量数据和情景分析,为实验研究提供指导和辅助,也可以在实际生产中进行优化设计。数值模拟则可以从微观到宏观全面深入地研究产能影响因素。野外观测能获得凝析气藏实际生产情况的数据,为实验和数值模拟提供真实的数据参考,同时可以发现实际生产中存在的问题和不足。工程应用是将研究成果应用于实际工程中,以实现凝析气藏的产能影响因素进行优化,需要充分考虑地质条件、开发方式和生产技术等因素,提供科学的技术支持和决策依据。

3.凝析气藏基本特征与产能关系分析

凝析气藏是一种具有特殊物性和开发难度的油气藏,其产能与多种因素相关。以下将从储层物性、开发方式、压裂技术和其他因素四个方面分析凝析气藏产能的关键影响因素。

3.1 储层物性对产能的影响

储层物性是影响凝析气藏产能的关键因素之一。凝析气藏常常具有高孔隙度、低渗透度和高孔隙度压实度等特点,这使得气体在储层中往往以凝析相的形式存在。凝析相的存在会导致储层渗透率下降,从而影响产能。此外,储层物性中的孔隙度、渗透率、岩石力学性质等也会对凝析气藏的产能产生影响。

3.2 凝析气藏开发方式对产能的影响

凝析气藏的开发方式是影响凝析气藏产能的重要因素之一。不同的开发方式对产能的影响程度不同,如常规水平井、多级压裂水平井、井网开采等方式。采用不同的开发方式会影响产能的分布、生产水平和产量等方面,同时也会影响开发成本和技术难度。

3.3 压裂技术对产能的影响

压裂技术是凝析气藏开发过程中的关键技术之一。它可以提高储层的渗透性和孔隙度,促进气体流动,从而提高凝析气藏的产能。不同类型的压裂技术对产能的影响也不同,如常规水平井压裂、增强型水平井压裂等。

3.4 其他因素对产能的影响

除了储层物性、开发方式和压裂技术外,凝析气藏产能还受到其他因素的影响,如地下水、生产压力、温度等。这

些因素对产能的影响通常是间接的,需要综合考虑。在实际开发过程中,需要根据实际情况制定相应的技术方案,以提高凝析气藏的产能。

4.某低渗透凝析气藏的案例分析

4.1 某油田概况

某油田位于中国西北部,自然环境艰苦,北临大漠,南临高原,山大沟深、淤壑纵横、梁峁交错。此外,该地区还存在水源、林缘、沙地、自然保护区等环境敏感区域,安全风险较高。虽然该盆地油气资源丰富,但其品位较差,开发难度大。某油田下有一层为低渗透储层,具有潜力成为下一步产能接替的重要储备。然而,该目的层的前期资料及认识表明,该层具有多种复杂特征,如埋藏深、物性差、储层分布不连续、有边底水发育、高温、高压异常、流体性质复杂以及产能低等。这些特征导致该层一直无法实现有效评价及有效开发动用,目前该层尚未投入开发。

因此,了解某油田的特点非常重要,包括储层物性对产能的影响、凝析气藏开发方式对产能的影响、压裂技术对产能的影响以及其他因素对产能的影响。只有全面了解某油田的情况,才能制定科学的开发方案,提高凝析气藏的产能,实现可持续发展。

4.2 低渗透凝析气藏的开发技术难点

4.2.1 低渗透凝析气藏资源储层的构造影响因素

储层结构对低渗透凝析气藏的产量影响很大。构造运动是引起地层变化的重要原因,它会改变地层流体性质、压力体系等的改变,进而影响油气藏的埋藏状态。另外,某些致密砂岩储层中还存在着某些透镜体,这些透镜体的形态、分布、尺寸等都会影响到天然气资源的分布。上述因素均给气藏的开发带来了一定的难度。虽然低渗透气储层本身的渗透性很小,但是通过合理的裂隙系统,可以提高其产量。但已有研究发现,在深部天然气资源中,天然裂缝多为 10-50 μ m 封闭,在没有压裂等改造的情况下,难以获得高质量的工业气体。因此,在开发低渗透凝析气藏时,必须充分考虑储层结构等因素,采取科学的开采工艺与方法,以达到增产目的。

4.2.2 低渗透凝析气藏储层的基本特征

低渗透凝析气藏具有非均质性强、孔隙结构以次生孔隙为主、含水饱和度高等特点。首先,储层具有很大的非均质性,且开采参数如厚度、岩性等具有很大的随机性,给小层组的开采与对比带来了很大的难度。其次,低渗透油藏孔隙结构以次生孔隙、微细孔隙、粒间孔隙、裂隙为主,尤其是在强烈的砂岩影响下,次生孔隙大量发育,连通孔隙的孔隙一般小于 2 μ m,泥质含量高。尤其对于大埋深的储层,随着储层深度的增加,储层压力的增加,渗透率会迅速降低,并且在恢复初始压力后,渗透率不会再回到原来的水平。另外,大部分低渗透凝析油气藏的束缚水饱和度大于 40%,残留气饱和度也很高。在气藏开发中,随着水饱和度的提高,渗透率的下降将导致气藏渗透系数的下降,从而对气藏的开发产生

不利影响。而低渗凝析气藏所具备的上述特点,使其开发面临着极大的困难与挑战。

4.2.3 低渗透凝析气藏资源的开发难点

低渗凝析气藏具有非均质性强、低孔低渗、含水饱和等特点,使其在开发上遇到了一些技术困难。首先,由于地层渗透条件恶劣,导致单井可控储量很少,在投入生产后,产量迅速下降,很难达到长期稳定的目的。其次,在天然情况下,如果没有压裂、酸化等技术手段,气井的产量将很难提高。另外,低渗凝析气藏具有很强的非均质性,在开发过程中,气井对主储层的利用和产气速率明显提高,而对非主储层的利用却不够充分,导致了层间矛盾加剧,不能充分发挥不同储层之间的产能。此外,由于储层富水含量高,在开采过程中又会受到反凝析等因素的影响,会导致大量的水井出水,从而影响到气井的产量。三是由于孔隙结构的影响,油藏一般呈细弯曲型毛管水压力曲线,喉道较窄,排出压力较高。总之,目前我国低渗凝析气藏开发中存在诸多技术难题,必须采取一套科学的工艺措施,才能有效地提高低渗凝析气藏的产量,使其长期稳定。

4.3 产能影响因素分析

低渗透凝析气藏的显著特征是其渗透率低,导致压力传播缓慢,需要较长时间才能将压力传递到远处,这使得油井生产常常表现出能量不足,产量递减快。另外,低渗透凝析气藏的产能大小也受到反凝析和反渗析的影响。从产能方程角度来看,产能大小的计算可以通过如下简化的产能方程来量化分析:

$$Q_w = C \times K \times dP$$

从方程可以看出,影响低渗透凝析气藏产能的因素包括渗透率和有效生产压差。低渗透凝析气藏的渗透率较低,因此储层中的气体难以流动,生产压力的传递也相对较慢,从而影响产能的大小。此外,有效生产压差也是影响产能大小的重要因素,因为只有在足够大的有效生产压差下,气体才能从储层中流出,产生足够的气流量。因此,要提高低渗透凝析气藏的产能,需要采用一系列措施,如增加渗透率、改善有效生产压差等。

4.3.1 渗透率

参考文献

- [1]渤海异常高压凝析气藏产能评价模型建立及应用[J]. 杨东东; 段宇; 王美楠; 陈晓祺; 何新容.石油化工应用, 2018 (07)
- [2]低渗透凝析气藏储层损害特征及钻井液保护技术[J]. 蔡记元.化工管理, 2016 (27)
- [3]QK 深层凝析气藏气井产能评价与采收率标定[D]. 杨凯.西南石油大学, 2018
- [4]龙凤山凝析气藏压裂产能预测及设计优化研究[D]. 陈盼盼.中国石油大学(北京), 2017
- [5]盆5 低渗透凝析气藏储层伤害因素对气井产能影响程度研究[D]. 刘鹏超.西南石油大学, 2011
- [6]考虑凝析油析出时的底水凝析气藏见水时间预测新方法[J]. 张烈辉, 严谨, 李允, 李晓平, 罗涛, 胡勇, 钟兵, 陈军.天然气工业, 2004 (07)
- [7]吐哈油田温西三区块发现凝析气藏[J]. 新疆石油地质, 2003 (05)
- [8]宝中区块凝析气藏类型判别及开采方式研究[J]. 刘洪友, 王海明, 李忠平, 王娟茹.河南石油, 2000 (03)

在井筒压力低于露点压力的情况下,会产生反凝析,使凝析油继续析出。在井筒附近,油相饱和度超过临界值后,就会产生一种油-气二相流动,这时,气相中的有效渗透率就会达到 $K_i \times K_{rg}$ 。当油相相对渗透率增加时,则会导致气相相对渗透率下降,从而不利于低渗凝析气藏的增产。另外,在不能用气体将地层水或凝析油带出井外的情况下,还可能产生井底积液。此时,由于井底压力、储层岩石的润湿性及微观孔隙毛细压力等因素的影响,井底液体会向中、低渗透储层的微观毛细通道内逆向渗透,从而形成“反渗透-吸水锁”。这一现象将使天然气渗流通道更加阻塞,使气相有效渗透率下降,对近井储层造成更大的损害。因此,在开发低渗凝析气藏时,必须采取防止“反凝析”和“反渗透吸水锁”的有效措施,以提高低渗凝析气藏的产能。

4.3.2 生产压差

生产压差是低渗凝析气藏开发中的一个重要参数,它是指储层内气体在流动过程中受到的有效压力差。然而,在实际生产过程中,反凝析、液锁和完井污染等因素会对生产压差产生影响,使得实际生产压力差要小于理论生产压力差。

$$dP = P_i - P_w = dP_{\text{有效}} + dP_{\text{污染}} + dP_{\text{反凝析}} + dP_{\text{反渗析}}$$

如上式所示,这些因素可以等效为附加压力损失加以表征。因此,测试的单井产能要小于该气藏的理论供气能力,需要克服反凝析、反渗析等特征的影响。在实际生产过程中,需要通过合理的生产管理和技术手段来控制这些附加压力损失,提高实际生产压差,从而提高低渗凝析气藏的产能。

5.结语

综上所述,低渗透凝析气藏具有特殊的储层特征和开发特征,使其开发过程面临多种技术难题。本文通过对其影响因素的分析,尤其是反凝析和反渗析的影响,发现渗透率和有效生产压差是影响其产能的主要因素。为了提高低渗透凝析气藏的产能,需要制定科学、合理的开采方案,如注甲醇段塞和氮气吞吐等方法,以解除反凝析污染、反渗透吸水锁,恢复气井产能,从而有效提升气藏的采收率。