

油田低渗油藏水平井开发技术分析

姜超英

延长油田股份有限公司富县采油厂

DOI: 10.12238/ems.v4i9.5602

[摘要] 随着我国油田开采工作的持续化推进,油层所处地质储层、保存和水文地质条件日趋复杂,这大大地增加了油田的采出程度。在这种情况下,如何提高采油效率就成了人们普遍关注的问题。而要实现这一目标,则必须采用先进的技术来完成这项任务。主要对低渗油藏水平井开发的技术进行探析,从而对油田的开采提出一些必要的意见。

[关键词] 油田低渗油藏;水平井;开发技术

中图分类号: TE357 **文献标识码:** A

Analysis of horizontal well development technology in low permeability reservoir

Jiang Chaoying

Fuxian Oil Production Plant of Yanchang Oilfield Co., LTD

[Abstract] With the continuous advancement of oil field exploitation work, the geological reservoir, preservation and hydrogeological conditions of oil reservoir are increasingly complicated, which greatly increases the degree of oil field recovery. In this case, how to improve the efficiency of oil recovery has become a common concern. To achieve this goal, advanced technology must be adopted to complete the task. This paper mainly probes into the technology of horizontal well development in low permeability reservoir, so as to put forward some necessary opinions for oilfield exploitation.

[Key words] low permeability oil reservoir; Horizontal well; Development technology

前言

当前我国油田已经开采数十年,有效地促进了我国的经济飞速发展。目前,随着我国社会不断发展和进步,对于石油需求量越来越大,为了满足市场对石油资源的需求,各大企业加大对油田开发力度。在此背景下,出现了一些低孔、特低渗非均砂岩型油藏。该类油藏具有非均质程度较高、油层厚度薄、物性差及油水关系复杂等特点,存在着严重的层间矛盾。其中由于地层压力差引起的水淹现象较为普遍。注水控制是提高油田产量和防止停产事故发生的重要手段之一,也是提高采收率的重要途径。油藏具有复杂的地质条件及储层条件,给油田开发带来很大困难。并且水平井开发技术逐渐被运用到低渗油藏的开采当中,极大地促进了油田开采效率的提高。

一、水平井的适应状况

从油田开采实际状况出发,对油田进行甄别并找到合适的水平开发区块显得尤为重要,它不但关系着水平井钻井质量与钻井效率,还影响着企业经济效益[1]。本文根据油田实际情况,分析低渗油藏水平井开发过程中需要注意的几个问题。

(一) 储集层的渗透率

渗透率是产能大小的一个重要决定因素。低渗透油藏的渗

透率通常小于微米,随着井深的增加,储层孔隙度越小,渗透率越低。这将导致油井产量下降甚至停产。所以如何提高油田的采收率一直都是石油界关注的焦点之一。目前,国内大部分低渗气藏还处于开发阶段,而其中大多数属于致密砂岩型油气田。该类储层的特点是地质构造复杂、埋藏深,属于典型的低孔低渗油气藏类型,一般在天然裂缝发育的区域和高压区均有分布,面积一般为 3×10^{-3} 万 m^2 左右。对此类储层,若用常规的方法判断含油性,则有很大的偏差。因此,在确定该类储层时,应根据实际情况制定合理可行的开发方案,以降低生产压差。

(二) 地下油层

地下油层的有效厚度应该大于等于3m,其最大限度地减小了生产过程中流体流动阻力造成的能量损失。因此,在开发此类油藏时,要尽可能增大油水界面张力差,以保证油井有足够大的泄油面积;此外,采用压裂酸化等增产措施来改善储集层物性,从而进一步提高原油产量。同时,由于地层渗透率较高,也降低了渗流通道所需的压力梯度,从而使得原油采收率提高。总之,通过调整储层参数(如岩石物理、地质构造),可改变油气运移路径并提高石油采收率。目前,研究人员已经提出多种方法,其中包括水力裂缝导流能力预测模型及数值模拟技术。

对于低渗透油田而言，影响油田最终开采效果的关键因素是地层的平均孔隙度和渗透率。如果可以使地层的渗透率达到 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上，那么就能够增加采油量，进而提高经济效益。另外，还应当对该区域内其他区块或整体进行综合评估。

（三）地层参数

地层参数应在100米以下，并且不应改变。在对低渗或致密砂岩的开采中，为了获得较好的采收率，必须考虑到岩石力学特性和地质构造条件等因素。如果能够精确地确定出油藏特征，那么就可以采取最佳措施进行生产。例如：储层厚度不应少于50米，并且至少要为60米；最大水平主应力值不得超过30MPa，这意味着最好不要选择大井眼来开发这些地区。当发现油层时应该采用压裂技术进行增产作业，而不能使用水平井。因此，在钻井过程中要尽量使钻头尽可能靠近目的层并保持一定距离，从而提高机械钻速。此外，对于高渗透区或者是裂缝发育地带来说，还要控制其面积和长度，以避免由于局部损害导致整个油田产量下降。

（四）单井储量

单井必须在储量上有一定经济价值，这是因为油井若没有进行改造，就会影响企业经济效益。要想获得较好的经济效益，首先就要对油田地质情况做出正确分析和评价，从而确定其开发潜力大小，然后再采取相应措施来提高油藏产能。所以，对油层的准确认识是十分重要的。储层特征、流体性质、地层系数、渗透率、孔隙度、井底流压和生产压差等都会影响到油气开采的效果，这些因素在不同程度上制约着石油开采。

（五）油层压力与原始压力的比值

油层压力和原始压力之比应大于或等于0.5，若低于此值就不能有效控制油井产量，否则油井产液量就不能得到有效控制。实际生产中其计算方法常因多种因素的影响而出现不统一的现象，造成计算结果千差万别。特别是当地层参数变化时，会使计算结果产生很大的偏差。例如水矿化度、注水效果、渗透率、孔隙结构以及原油粘度等都对采收率有一定影响，这些因素在油田开发过程中往往被忽视了。所以，在油田开发过程中，要结合具体情况，选用合适的方法来计算合理指标。

（六）综合评价

直井压裂后，要确保油层连续分布性好和有一定产能。通常采用压前渗透率恢复率、压裂缝导流能力及最大井底流压等3个指标来对油井生产状况进行综合评价。由于低渗透油藏储层非均质性强、压力敏感性严重，因此在使用这些指标评价时存在很大误差。从这三个方面出发，建立了相应的数学模型，利用所建模型计算出的结果与现场试油资料基本吻合。其中，压前渗透率恢复率能较好地反映地层原始含油饱和度。但根据不同低渗油田以上评价分析参数并不一致，需根据油田实际综合考虑。

二、油田低渗油藏水平井开发技术

水平井开发技术在低渗油藏的开发过程中起着关键的作用。随着油田生产不断向中高含水期发展，对油藏进行有效控制已成为提高采收率的重要手段之一。因此，研究水平井油藏优化设计理论与方法具有十分重要的意义。而水平井油藏优化设计

技术主要包括：地质体精细描述技术、优化油藏工程参数技术以及水平井轨迹控制技术，具体阐述如下。

（一）水平井轨迹控制技术

水平井轨迹控制技术对低渗油田的开采起到了至关重要的作用，这项技术同时还是一种钻头导向技术。在进行水平井设计时需要考虑到不同类型的钻具组合和水平段钻进速度等因素，其中最重要的就是地质导向工具的选择问题。地质导向工具的使用不仅影响着整个工程的施工质量，而且还存在一定的安全隐患，一旦发生井下事故将造成严重的经济损失；另外，由于受到各种因素的干扰，其测量结果也难以真实反映实际情况。所以说，必须要做好地质导向工作才能保障安全生产。目前我国很多油田都存在着不同程度的问题，需要我们采取针对性措施解决这些问题，只有这样才可以确保开发效果。此外，随着石油行业不断发展，对于石油勘探开发也提出了更高的要求。而水平井作为油气资源最为集中的区域之一，其开采效率直接决定着油气生产效益。由此可见，水平井是未来发展趋势。因此，开展水平井地质导向研究具有重要意义。水平井地质导向技术主要应用于储层预测、地层与构造等方面，通过对钻井、录井、测井等资料进行综合分析，实现对水平井井眼轨迹控制。将LWD随钻测井技术应用于地质导向钻井作业中能够有效地增强轨迹控制精度以及储集层区分准确性，继而有利于后期开采工作。

（二）地质体的精细描述技术

在低渗油藏中水平井开发工艺技术的运用是重点，其中对于剩余油的分布情况进行精细的刻画工艺有助于采收率的提升[4]。而对于低渗油层而言，由于其孔隙结构复杂，渗透率低等特点，导致其水驱过程相对较快，从而使得部分区域的产能无法得到有效发挥。因此，需要采取合理措施提高单井产量。在这种情况下，为了进一步改善区块整体开发效果，则需采用水平井作为后续挖潜手段。但从实际生产来看，大部分水平段都存在一定程度的动用不均匀现象。目前，随着油田开采难度的增加和注水开发技术的进步，针对不同类型的储层特征，有针对性选择合适水平井部署方式成为实现水平井高效开发的关键。本文以某低渗油田区块为研究对象，开展了以下几方面工作，对该区块内已完钻的水平井及其周围地质体进行精细描述。

1. 利用地震资料和钻井资料，查明该地区已完钻水平井的分布范围及区域地质构造情况；通过分析地层倾角、断层走向以及沉积环境等因素，预测有利目标层位。结合油藏工程方法，确定合理的井身结构并优选出适合本地区水平井实施方案。同时利用三维可视化软件完成建模。采用数值模拟手段对井网方案进行优化调整，根据该油田开发现状提出进一步完善措施，提高单井产能。最后，将研究成果应用到实际生产中，取得了较好的效果。

2. 根据不同的岩性和油层分布情况，选择合适的沉积微相进行水平井开发。根据砂组的沉积环境、物源方向及水动力条件等因素，确定以辫状河三角洲前缘亚相为主的储集相带作为水平井的主要目标层位，并针对河道砂厚度薄、连通性差、非

均质性强等特点,提出了相应的处理措施,提高了钻井成功率,取得较好的效果,为后续研究奠定基础;

3. 利用测井资料对水平井周围砂体的分布特征及展布规律进行分析评价,在此基础上,结合砂体分布特征和影响因素,制定出适合于水平井开发的“井位优选一步法”,形成了“井位选取一层系划一元精细刻画一平面预测”这样一套完整的布井模式,共部署了8口井。一口井获高产油气流,其余四口井均获得中高产量,其中有三口井进入高含水期生产。证明该方法能满足复杂断块油田开发的需要,具有较强的实用性和推广性。

4. 针对研究区砂岩层多、厚度薄等特点,以某一目的层为目标井设计了相应的水平井轨迹,并结合生产动态数据,运用数值模拟软件对不同地质条件下的注采井网进行优化配置,计算出各井段的产液量及注采关系,最终确定合理的注水利用率,制定出最佳的调整方案。研究表明:该方法是有利的剩余油分布预测技术手段之一,可实现油田的高效开发,提高油田的经济效益。

5. 在分析区块实际生产状况的基础上,根据区块构造特征,应用连井剖面图以及地震反演资料进行储层识别,构建储层和主力油层油水两相流数学模型并根据该模型计算获得油田单井产能,油井产液能力以及注入压力;最后以此成果为依据资料,采用数值模拟方法研究注采井组的布井方式,明确注采系统,选择最佳注水时机实现原油采收率。

(二) 油藏工程参数优化技术研究

主要总结了以下两方面内容:一是优化水平段长度设计,二是优化水平段定位。通过对影响因素的研究和探讨,确定出最优方案——最佳曲线组合形式。然后以某一复杂边坡为例,建立三维模型,用有限单元法对该边坡的稳定性做出评价。针对以上问题提出一种新的计算方法——分段函数法,它是利用三次样条插值拟合曲线来求得最优解,并从理论上对其进行分析和推导;在此基础上结合工程实例给出具体的设计方案和计算步骤及公式。经实际运用,验证了这种方法的有效性和可行性。

1. 水平段位置设计

水平段对油层设计部位主要受油层均匀性及油层驱动类型等因素影响,确定水平段对油层部位应综合考虑物性夹层展布,油层内部泥岩展布及稳定性等[6]。当储层岩性较差或孔隙度较大时,在低渗透油藏中采用常规直井压裂工艺难以取得理想效果;水平井压裂技术能够有效提高单砂体产能。但水平井裂缝的长度不宜过长。水平段内,若有明显裂隙发育带时,认为水平段为一完整裂隙系统而不需改造主裂隙,非裂隙带内,若最大地应力相对裂缝延伸方向角度不大,水平段应垂直于最大地应力走向,才能较好地与天然裂隙相结合以提高产量。应用正交试验法优选出最佳施工参数组合。通过优化方案进行现场实施并获得良好增产效果。最后分析了水平井分段数、导流能力以及注采压差对单砂层采收率的影响。利用数值模拟方法研究了不同条件下油井生产动态规律。结果表明:随着地层倾角增

大,井底流压降低,产液量增加。当垂向渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时。

2. 对水平段长度进行优化设计

水平井实际开采时受很多因素的影响,其中水平段长度特别大,水平段长度的设计,需充分考虑储集层砂体发育程度,要求与之大小一致,同时还要考虑已钻井的地面环境和井网布局。另外,水平段越长,单位体积产量越高,越有利于提高单井产能,但也会造成一定的投资浪费。如果将整个井筒分成若干段来进行优化设计,则可以达到既满足生产需要、又节约投资的目的。而在水平井分段压裂完后,要想进一步提高油井产能,必须保证水平段长度足够长。因此,合理确定水平段长度对于降低开发成本、提高效益具有非常重要的意义。由于油层分布范围小、厚度薄、物性差、非均质性强,所以对油田开发效果有很大的影响,这就使其成为提高采收率技术中一项十分关键的工作内容。地面环境是指油藏所处的地质条件,它决定着水平段的长度。经数据调查研究,水平段长度和累积产油量呈正比。因此,在计算单井产能时必须把水平段长度作为一个重要参数来计算。如果水平段长得过短,则不能满足生产需要;反之,又会增加成本[7]。

三、结语

总之,低渗油藏的开采中采用水平井开发技术能够极大的提高油田的采收率进而促进企业效益的提高[8]。但因自身存在储层非均质性较强、油水分布较为复杂的问题,因此需要从多方面着手,才能够在实际的生产中达到高效的开发效果。所以说这是一个长期而艰巨的任务。为了进一步提高我国石油行业发展水平,必须要进一步加大研究力度并将其应用于生产实践中,这样才能更好地发挥出水平井所具有的优势,实现经济效益与社会效益最大化。全文主要从地质体精细描述技术、油藏工程参数优化技术、水平井轨迹控制技术等方面展开分析,为实践工作提供必要参考。

[参考文献]

- [1] 佟宇辉. 油田低渗油藏水平井开发技术探析[J]. 工业, 2016(1): 122.
- [2] 赵静. 吉林油田低渗油藏水平井开发技术[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(5): 21-22.
- [3] 邵跃海, 魏启龙. 探析油田低渗油藏水平井开发技术[J]. 云南化工, 2018, 45(5): 1.
- [4] 贾自力, 石彬, 罗麟, 等. 延长油田超低渗油藏水平井开发参数优化及实践——以吴仓堡油田长9油藏为例[J]. 非常规油气, 2017, 4(1): 67-74.
- [5] 栾虎, 王小军, 孟越, 等. 安塞油田浅层特低渗油藏水平井开发技术研究及效果分析[J]. 长江大学学报(自科版): 上旬, 2012, 9(4): 4.
- [6] 李芳, 孙志雄, 严萍, 等. 克拉玛依油田低渗薄层砂砾岩油藏水平井开发关键技术及应用——以五、八区克拉玛依组油藏为例[J]. 内江科技, 2019, 40(12): 2.