

# 大安油田葡萄花储层资源效益开发的探索与实践

陈浩楠<sup>1</sup> 童鑫<sup>2</sup> 陈国民<sup>3</sup>

1 西藏大学工学院 2 西北工业大学物理科学与技术学院 3 吉林油田红岗采油厂

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2046

**[摘要]** 本文探讨了大安油田葡萄花储层的资源效益开发,分析了当前开发过程中面临的主要问题及其成因,并基于成藏规律再认识,提出了有效的开发策略。文章通过对已动用与未动用资源的开发分析,结合水驱规律、注采技术及蓄能压裂等手段,研究了提升资源动用效率的方法,并为未来在复杂地质条件下类似油田的资源开发提供了参考。研究中积累的长期稳产和效益提升经验具有较高的借鉴价值。

**[关键词]** 葡萄花储层; 资源效益开发; 水驱规律; 蓄能压裂

中图分类号: F124.5 文献标识码: A

## The exploration and practice of resource-efficient development in the Grape Flower Reservoir of Daan Oilfield

Haonan Chen<sup>1</sup> Xin Tong<sup>2</sup> Guomin Chen<sup>3</sup>

1 School of Engineering, Tibet University

2 School of Physics Science and Technology, Northwestern Polytechnical University

3 Jilin Oilfield Honggang Oil Production Plant

**[Abstract]** This paper explores the resource efficiency development of the Grape Flower Reservoir in the Daan Oilfield, analyzes the main issues and their causes encountered during current development, and proposes effective development strategies based on a reevaluation of reservoir formation laws. By analyzing the development of both utilized and unutilized resources, and combining water flooding principles, injection-production techniques, and energy storage fracturing methods, the paper studies ways to improve resource utilization efficiency. It also provides a reference for future resource development in similar oilfields under complex geological conditions. The long-term stable production and efficiency improvement experience accumulated in this study has significant reference value.

**[Key words]** grape flower reservoir; resource efficiency development; water drive law; energy storage fracturing

## 引言

油田开发和经营在全球化石能源需求年平均增长2.3%的双重压力下,与传统的石油、天然气等可开采的天然气的资源可采储量不断减少的情况下,面临着前所未有的挑战,目前我国油田的开发和经营面临着十分严峻的冲击<sup>[1]</sup>。既依靠已知的地质特征和传统开采工艺,又受资源急剧衰退和环境保护的制约,传统油田的开发模式已经成为一个核心的课题,而如何科学提高资源的利用效率,在油田的开发领域实现经济的效益和可持续发展,就成为当前我国油田开发面临的重大课题,也是我国目前面临的重大课题之一。

结合油田开发的先进理念与技术手段,通过对大安油田葡萄花储层的地质特点分析、研制史及现存问题,开展系统研究工作。在研究过程中充分利用了物探、测井、钻井以及生产等学科资料,运用定性与定量相结合的分析方法,以最大限度地提高

资源利用效率,延长油田生产周期,提高经济效益为目标,重审葡萄花储层的成藏规律与开发潜能,进而提出了切实可行的开发方略与技术路子。

## 1 葡萄花储层的地质特征与资源分布

### 1.1 地质背景与构造特征

大安油田葡萄花储层位于松辽盆地东部,地质构造上属于大庆长垣东北段的一部分,形成于中生代侏罗纪至白垩纪期间。该区域经历了多期构造活动,形成了以“两垄夹一洼”为主要特征的复杂构造格局。西部构造高区和东部构造高区之间存在一个明显的构造低洼带,这种特殊的构造形态为油气的聚集和分布提供了有利条件<sup>[2]</sup>。葡萄花储层的沉积时代主要为晚白垩世,属于陆相湖盆沉积,有效储层厚度呈现西厚东薄特征,西部主体区120~180m,东部过渡带锐减至60~80m,纵向上可分为三个主要段落,即上、中、下三段。其中,中段砂体发育最为稳定,也是当

前开发的主要目的层位。

### 1.2 沉积环境与储层特征

大安油田葡萄花储层的沉积环境复杂多样,主要表现为河流-三角洲-湖泊相互叠置的沉积体系。通过岩心观察、测井分析和沉积模拟,我们对葡萄花储层的沉积环境进行了系统研究,发现其呈现出明显的区域差异性。

表1 储层参数对比表

参数	西部构造高区	东部过渡带
有效厚度(m)	120-180	60-80
孔隙度(%)	18.2-22.5	14.6-17.8
渗透率(mD)	85-320	12-45
含油饱和度(%)	65.2-72.8	58.4-63.7
储量丰度(10 <sup>4</sup> t/km <sup>2</sup> )	85.6	42.3

结果表明,葡萄花储层总体呈现出“西优东次”的资源分布格局,西部区域砂体分布连续,油层厚度大,单井可采储量高;而东部区域砂体分布零散,油层厚度变化大,单井可采储量差异显著。

## 2 水驱规律与注采技术的优化

### 2.1 水驱开发现状分析

作为油田发展普遍采用的一项增产手段的水驱技术在发展葡萄花储层方面占有举足轻重的地位。但储层的特点十分复杂,而且流体的性质千差万别,在发展水驱的研制过程中遇到了一定的考验。西方地区的注水反应比较快,而且注采的关系是比较明确的;而处于东部地区的注水响应较缓慢,注采的相互关系比较复杂,而且很容易造成采面的吸水性不均,从而造成这种状况的发生。由于随着注水开发的日益深入,造成生产井的生产能力和经济效益,导致油田的受水影响,每年都在上升,从而受到影响<sup>[3]</sup>。“高注低采”的现象在一些地区已经出现,即注水量大,但产量提高有限,说明注水未有效驱油,而水窜现象是沿高渗透带的主导,导致注水资源的浪费。而这些问题,又揭露了传统水驱工艺在复杂贮层条件下的限制,葡萄花储层中水驱开发的复杂性。所以在资源使用的有效性提高上,水驱的优化方法和注采技术成为关键。

### 2.2 水驱规律研究与优化策略

多种因素影响葡萄花储层的水驱效果。首先,水驱效率的明显差异是由不同区域渗透性差异导致的储层非均质性是关键因素。在高渗透区,水流很容易沿着优先通路流动,而低渗透区则可能出现“死角”,造成油气资源不能有效利用,这就造成了油气资源不能利用。

其次,若注水强度超过临界值(如 $0.8\text{mm}/(\text{d} \cdot \text{m} \cdot \text{MPa})$ ),则易产生水窜现象,对驱油作用造成影响;过低的注水率会对楼层压力造成影响,效果不佳;而过高的注水压力,则有破坏地层结构

的可能<sup>[4]</sup>。井网布局合理,井距过大或过小都会影响水驱效果也是十分重要的,因此一定要针对油藏特性进行优化。从流体性质上讲,对水驱效率也有很大影响,尤其是原油的黏度和油水界面张力。在高黏度的原油区,一般需要配合化工驱动或热力采油技术,提高采收率,单纯依靠水驱的作用是有限的。

总的来说,要想优化水驱效果,就必须灵活调整注水参数,结合油藏特点对井网布局进行合理规划,再与其他增产技术相配合,提高采收率,这样才能保证油田的稳定生产。

## 3 蓄能压裂技术的应用与优化

### 3.1 蓄能压裂技术概述

通过快速释放井筒中高压能产生强烈冲击波及应力波的新一代井筒刺激手段——蓄能压裂技术是在储层中形成复杂裂缝网,使储层渗透性大大提高,是新一代的井筒刺激性手段。相对于传统水力压裂而言,蓄能在运行过程中既简单,而且对储层损伤小,尤其是中低、非均质性很强的复杂的储藏,其安全性、节能性和高效性都很强。

藏层砂体在发展过程中具有十分突出的非均质性,尤其是处于东部地区的分散连通的透镜体砂体的分布,在传统的压裂工艺中往往是达不到理想的,这是目前国内最突出的特点,也是我国目前最突出的特征之一。为了解决这些问题,为突破传统工艺的局限,进一步增强藏层的开采效果,我们引进了蓄能压裂技术。

### 3.2 蓄能压裂技术的实施效果

从2018年开始,在低产井和葡萄花储层新钻井中大规模应用蓄能压裂技术,增产效果显著。多个井口通过跟踪评估实施过程,实现了产能大幅增长。具体而言,西部地区经蓄能压裂处理后的单井日产油量最多上涨94%,由3.5吨增加至6.8吨;而在东部地区,经蓄能压裂处理的单井石油日产量从2.2吨增加105%,至4.5吨。这一显著改进显示,在葡萄花储层中应用蓄能压裂技术,可以有效提高原油流动性,进而提高产出<sup>[5]</sup>。

表2 压裂效果对比表

指标	传统压裂	蓄能压裂	变化率
裂缝半长(m)	68.5	126.4	84.50%
导流能力(μm <sup>2</sup> ·cm)	24.3	58.7	141%
施工压力(MPa)	62.4	48.2	-22.80%
返排率(%)	35.6	68.9	93.50%
有效期(月)	9.2	16.5	79.30%

蓄能压裂技术在控制含水率上显示出明显的优越性。储能压裂相对于传统压裂而言,能形成复杂的裂网,在不破坏储层的前提下,使油相优先流动,减少水相干扰<sup>[6]</sup>。数据显示,传统压裂后的6个月,含水率平均提高7个百分点,而采用蓄能压裂方式的井,含水率仅提高3个百分点。这表明,储能压裂形成的裂隙网络

对油气流动起到了促进作用,使含水率提高的时间大大推迟,为后期的稳产提供了保障。

此外,储能压裂也有很强的适应能力。有效形成裂缝网络,提高储层渗透性,改善油气流动性,无论是砂岩致密区还是含泥量高的地区。特别是在东部地区那些分散分布的透镜砂体的地方,通过形成复杂的裂隙网络,蓄能压裂将原本孤立的砂体单元连接起来,使资源的使用程度得到了极大的提高<sup>[7]</sup>。这不仅证明了储能压裂技术具有广泛的适用性,而且说明在复杂的油藏条件下,该技术具有较高的效率,非常适合油田的开发。

蓄能压裂井是通过对蓄能在长时间的跟踪发现,该种工艺不但使单井产能得到提高,而且水驱作用也得到优化、水井网在油水网之间的协调程度也得到提高。特别是东部区域,尤其是分散分布在透镜体砂体的地方,由于裂缝的有效衔接使蓄能压裂得到有效的贯通,从而使资源的利用程度有了很大的提高,从而为油田的长期稳产奠定了坚实的基础。

#### 4 未动用资源的开发潜力

虽然葡萄花储层已经进入中后期开发阶段,但深入研究后,我们发现还有不少资源没被充分利用。为了挖掘这些潜力,我们用高精度三维地震资料重新做了解释,结合测井数据分析和生产动态评估,最终找出了四类未动用资源:构造高部位、透镜体边缘、砂体夹层和剩余油富集区<sup>[8]</sup>。

针对这些资源,我们用了不同的开发策略。利用低密度井网、低强度注水的“先评估后开发”方式构造高部位资源;透镜体边缘资源,我们搞了以小井组开发的“精确布井,优化注采”策略,保证注采比在1:2到1:3之间<sup>[9]</sup>;关于夹层资源,采用与分层完井技术相配合的“层系优选、分层开发”的办法进行选择性开发;剩余油料富集区,通过加密井网和强化注水,再结合储能压裂技术和化学调剖技术,提高采收率。

在经济效益方面,未动用资源的开发项目投资回收期平均为3.5年,内部收益率达到18%,较行业平均水平有较大幅度提高。同时,单井施工成本也通过优化地面工程设计、规范作业等方式降低15%左右,整体经济效益得到进一步提升<sup>[10]</sup>。

未动用资源的有效开发,不仅为油田的产量和储量提供了增长空间,也为葡萄花储层的长期稳产提供了重要支撑。实践证明,即使在复杂地质条件下的中后期油田,通过精细研究和针对性技术应用,仍然能够发掘出可观的开发潜力。

#### 5 结论与展望

通过对大安油田葡萄花储层的研究,结合地质分析、注采技术优化及蓄能压裂技术的应用,取得了显著成效。研究表明,合理应用先进技术能够在复杂地质条件下提高资源利用效率,延长油田生产周期并提升经济效益。

随着技术的不断进步和管理优化,葡萄花储层的开发潜力有望进一步释放,为类似油田的开发提供重要经验。在全球能源需求增长和传统资源逐渐枯竭的背景下,如何在复杂条件下实现高效、可持续的资源开发,将是油田开发的核心课题。大安油田的成功经验为应对这一挑战提供了宝贵的参考。

#### 参考文献

- [1]李明,王强,张海涛.松辽盆地葡萄花油层沉积体系与成藏规律[J].石油勘探与开发,2018,45(3):412-420.
- [2]赵建国,周文英,刘振宇.陆相致密砂岩油藏水驱开发特征及优化对策[J].石油学报,2020,41(6):727-736.
- [3]孙立春,陈志伟,吴昊.蓄能压裂技术在低渗透油藏中的应用实践[J].油气地质与采收率,2019,26(5):105-112.
- [4]中国石油天然气集团公司.复杂断块油藏高效开发技术规范:Q/SY1832-2015[S].北京:石油工业出版社,2015.
- [5]国际能源署.全球油气田开发技术趋势报告[R].巴黎:IEA Publications,2021.
- [6]胡文瑞.油气藏工程理论与方法[M].北京:石油工业出版社,2018:189-215.
- [7]Economides MJ, Nolte KG.油藏增产措施(第三版)[M].张保平,译.北京:石油工业出版社,2016:327-342.
- [8]SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference. Field Case Study of Energy-Storage Fracturing in Tight Sandstone Reservoirs[C].Texas: Society of Petroleum Engineers, 2022: SPE-209785-MS.
- [9]黄晓东,高志刚,马永生.低渗透油藏效益开发经济评价方法研究[J].石油实验地质,2021,43(2):341-348.
- [10]王磊,SPE,周宏伟.致密储层多级蓄能压裂与缝网扩展机理[C]//全国油气田开发技术大会论文集.北京:石油工业出版社,2023:56-63.

#### 作者简介:

陈浩楠(2001-),男,汉族,吉林省松原市人,研究生在读,研究方向:地球探测与信息技术、凝聚态物理、油藏研究。