

济阳拗陷地质特征与油气资源潜力分析

武佩佩

中国石化胜利油田分公司鲁明油气勘探开发有限公司, 山东 东营

收稿日期: 2024年1月22日; 录用日期: 2024年3月20日; 发布日期: 2024年3月29日

摘要

对济阳拗陷的地质特征及其油气资源潜力进行系统分析, 通过对区域地质构造、沉积环境、油源岩特征和油气藏分布等方面的研究, 揭示了济阳拗陷的油气形成机理和资源潜力。研究表明, 济阳拗陷具有复杂的构造背景, 多期构造活动形成了多样的油气藏类型。油源岩主要分布在第三系, 以II型和III型有机质为主, TOC值普遍较高, 成熟度分析显示油源岩具有良好的生烃潜力。油气的生成、运移和聚集条件良好, 为油气资源的积累提供了有利条件。

关键词

济阳拗陷, 地质特征, 油气资源, 勘探开发

Geological Characteristics and Hydrocarbon Resource Potential Analysis of Jiyang Depression

Peipei Wu

Sheng li Oil Field Luming Petroleum E&P Co., Ltd. Sinopec, Dongying Shandong

Received: Jan. 22nd, 2024; accepted: Mar. 20th, 2024; published: Mar. 29th, 2024

Abstract

This paper systematically analyzes the geological characteristics and hydrocarbon resource potential of Jiyang Depression, and reveals the hydrocarbon formation mechanism and resource potential of Jiyang Depression by studying the regional geological structure, sedimentary environment, source rock characteristics and hydrocarbon reservoir distribution. The research shows that the Jiyang Depression has a complex structural background, and multiple tectonic activities have formed a variety of hydrocarbon reservoir types. The source rocks are mainly distributed in

the Tertiary system, mainly composed of type II and type III organic matter. The TOC values are generally high, and the maturity analysis shows that the source rocks have good hydrocarbon generation potential. The favorable conditions of hydrocarbon generation, migration and accumulation provide favorable conditions for the accumulation of oil and gas resources.

Keywords

Jiyang Depression, Geological Characteristics, Oil and Gas Resources, Exploration and Development

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

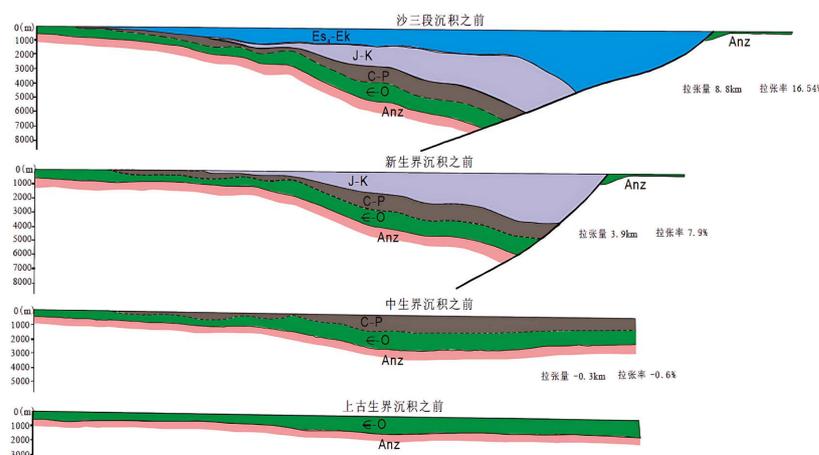
1. 引言

胜利油田自 20 世纪 50 年代发现以来，一直是中国油气勘探开发的重点区域。济阳拗陷作为胜利油田的重要组成部分，对于理解该区域的油气资源潜力至关重要。前人已经对济阳拗陷进行了多方面的研究，涉及构造层划分、构造特征、构造样式与组合、构造演化与动力学机制、圈闭分类及构造圈闭的特点及分布、构造控油气规律等方面[1]，但缺乏将构造、构造演化、构造控油气等综合系统分析。随着该区块的油气勘探持续推进，油气勘探难度在逐渐增大，从整体上研究该盆地石油地质特征，了解该盆地油气分布规律，进而明确其勘探潜力，具有重要意义。本文首先回顾了济阳拗陷的地质背景，然后重点分析了其地质特征，并在此基础上评估了油气资源的潜力。

2. 济阳拗陷的地质背景

济阳拗陷作为胜利油田的核心区域，位于渤海湾盆地南部，其地质特征和油气资源潜力一直是地质学者研究的热点[2]。

济阳拗陷的构造演化历史悠久，主要经历了燕山运动后的断陷阶段、裂陷阶段和拗陷阶段。在这一系列的构造演化过程中，形成了复杂的断裂系统和多样的沉积体系(图 1)。断裂系统的发展，尤其是在裂陷阶段，为油气藏的形成提供了良好的地质条件。断裂的发育不仅控制了沉积物的分布，而且对油气的运移和聚集起到了关键作用。



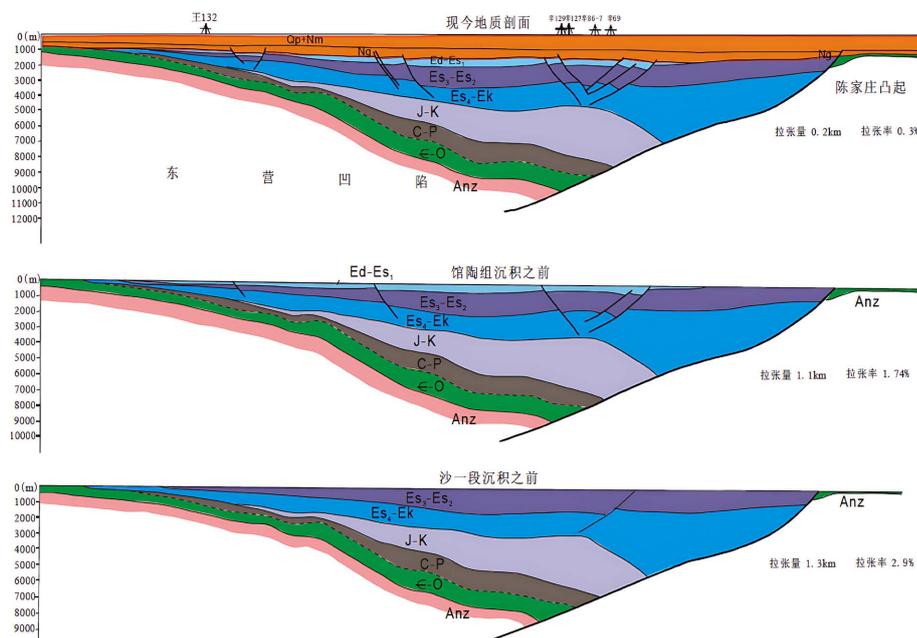


Figure 1. East-west tectonic evolution profile of Jiyang Depression (modified from Shengli Oilfield data)

图 1. 济阳坳陷东西向构造演化剖面(据胜利油田资料修改)

在沉积特征方面, 济阳坳陷具有多种沉积环境, 包括湖泊、三角洲、河流和滨海等[3]。这些不同的沉积环境在不同的地质时期交替出现, 形成了丰富的沉积序列。第三系沉积物是济阳坳陷最主要的沉积层, 尤其是沙河街组、东营组和明化镇组, 它们是研究油气资源的关键层系。

古地理环境的变迁对油源岩的分布和特征有着直接影响。在不同的地质时期, 济阳坳陷的古地理环境经历了显著变化, 这些变化导致了不同类型和不同成熟度油源岩的形成。例如, 沙河街组在湖泊相环境下沉积, 富含有机质, 是一个重要的油源岩层系。这些油源岩的有机质类型主要为 II 型和 III 型, 表明其具有良好的生烃潜力。

油源岩的分布特征是济阳坳陷油气资源评价的重要依据。通过对油源岩的有机地球化学参数分析, 如总有机碳含量(TOC)、氢指数(HI)和成熟度指标(如 Tmax 和 Ro), 可以评估油源岩的生烃潜力和生烃阶段。研究表明, 济阳坳陷的油源岩普遍具有较高的有机碳含量和良好的生烃潜力, 尤其是在深层地带。

此外, 济阳坳陷的烃源岩成熟度普遍较高, 这意味着该地区的油气生成作用已经进行了一段时间, 形成了较为丰富的油气资源。随着地质时期的变迁, 成熟的油源岩不断向上部的储层运移和聚集, 形成了多个油气藏。这些油气藏的开发, 为济阳坳陷的油气生产提供了坚实的基础。

3. 济阳坳陷的构造特征

济阳坳陷的构造特征是理解其油气资源潜力的关键。该地区的构造演化历史复杂, 主要经历了前中生代的抬升和侵蚀, 以及新生代的断陷盆地形成过程, 这些地质事件共同塑造了济阳坳陷现今的构造格局, 包括断裂系统、褶皱和不整合面等[4] [5]。

断裂系统是济阳坳陷构造特征中最显著的部分。坳陷内发育有多套断裂系统, 主要包括北东向、北西向和近南北向断裂(图 2)。北东向断裂是控制济阳坳陷油气分布的主要断裂, 这些断裂多为正断裂, 其形成与古太平洋板块的俯冲和区域应力场有关。北西向断裂虽然规模较小, 但在局部地区对油气藏的控制作用也不容忽视。近南北向断裂则是在特定构造时期活跃, 对沉积物的分布和油气的运移具有一定影响。

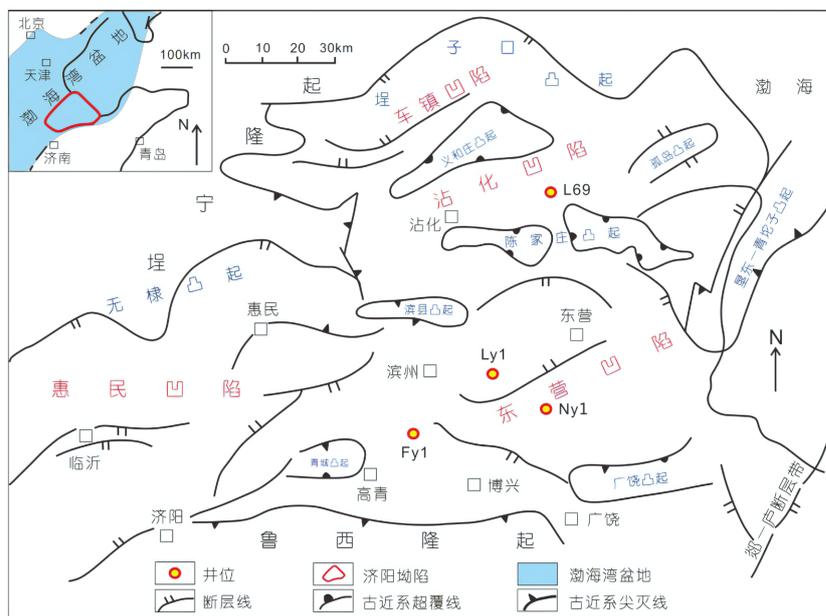


Figure 2. Structural location and unit division of Jiyang Depression
图 2. 济阳坳陷构造位置及单元划分

这些断裂系统不仅划分了济阳坳陷的多个次级构造单元，而且对油气的运移、聚集和保存起到了至关重要的作用。断裂带通常作为油气运移的通道，而且断裂的封闭性能决定了油气是否可以在断裂带附近聚集形成油气藏。同时，断裂的发育深度和延伸性也直接影响了油气藏的大小和形态。

总之，济阳坳陷的构造特征不仅复杂多样，而且对油气资源的勘探开发有着直接的指导作用。未来的勘探工作需要继续深入研究断裂系统的发育特征、褶皱的形成机制和不整合面的油气控藏作用，以揭示更多的油气藏位置，提高勘探成功率。通过综合地质、地球物理和地球化学等多学科方法，可以更精确地评估济阳坳陷的油气资源潜力，并为油田的持续稳定开发提供科学依据。

4. 油源岩与油气资源潜力

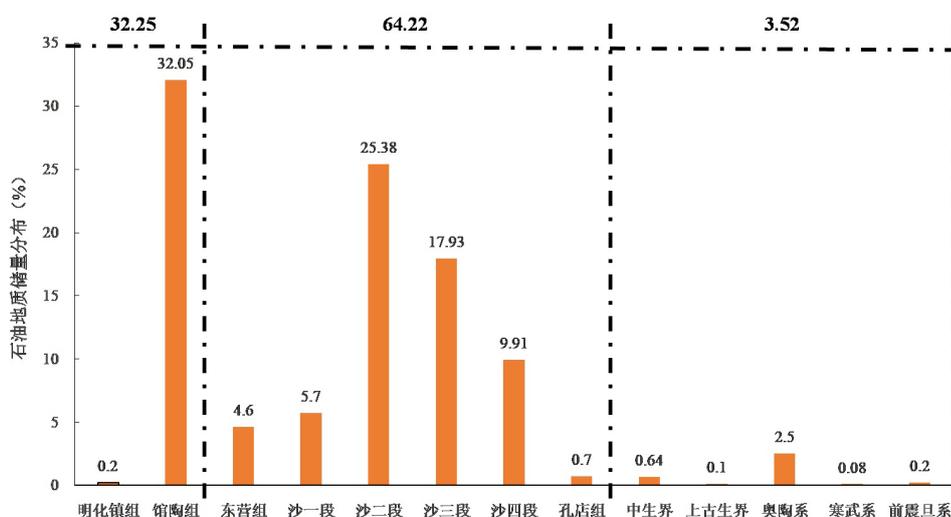


Figure 3. Longitudinal distribution of petroleum geological reserves in Jiyang Depression
图 3. 济阳坳陷石油地质储量纵向分布图

油源岩的质量直接决定了一个油气盆地的资源潜力,在济阳拗陷这一重要的油气生产区,油源岩的研究尤为关键[6]。济阳拗陷内的油源岩主要分布在第三系,尤其是沙河街组、东营组和馆陶组等地层中(图3)。这些油源岩的形成与古代湖泊环境紧密相关,湖泊的深层水体缺氧条件有利于有机质的保存,油源岩的有机质类型、含量和成熟度是评价其生烃潜力的关键因素[7]。

在有机质类型方面,济阳拗陷的油源岩以II型和III型有机质为主,这表明油源岩主要来源于湖相和陆相有机物。II型有机质富含氢,更倾向于生成油;而III型有机质则更多生成气。因此,油源岩的有机质类型决定了油气成因类型及其相对比例。

总有机碳含量(TOC)是衡量油源岩质量的重要指标之一。济阳拗陷的油源岩TOC普遍较高,这意味着有机质的丰富程度足以为大范围的油气生成提供物质基础。高TOC值通常与良好的生烃潜力相对应,这些油源岩可以在成熟后产生大量的油气。

成熟度是评价油源岩是否达到生烃窗口的另一关键参数。通过对Ro(反射率)、Tmax(最大热解峰温度)等成熟度指标的分析,可以判断油源岩是否经历了足够的热演化以生成油气。济阳拗陷的油源岩普遍显示出较高的成熟度,这表明该地区的油源岩已经进入或通过了最佳的生烃窗口,具有很高的生烃潜力。

油气的生成与排除是油源岩生烃潜力转化为油气资源的关键过程。在成熟的油源岩中,生成的油气需要通过裂隙和孔隙排出并运移至储层中。济阳拗陷的构造活动为油气的运移提供了通道,断裂系统的发育使得油气能够从油源岩中释放并向上运移至圈闭中聚集。

油气的聚集与保存是油气资源潜力的最后阶段,济阳拗陷的多种圈闭类型,如断层圈闭、构造-岩性圈闭和层状圈闭,为油气提供了多样的聚集空间[8]。同时,良好的盖层条件保证了油气不会大规模逸散,从而保持了油气资源的潜力。

综合考虑油源岩的有机质类型、TOC含量、成熟度以及油气的生成、运移和聚集机制,济阳拗陷表现出巨大的油气资源潜力。未来的勘探和开发工作应重点关注油源岩分布的深入研究,以及与之相配套的油气运移路径和圈闭条件的分析,以实现济阳拗陷油气资源的有效评价和利用。通过不断优化勘探策略和开发技术,可以最大限度地开发济阳拗陷的油气资源,为能源供应提供坚实保障。

5. 勘探开发现状与挑战

济阳拗陷作为胜利油田的重要组成部分,其勘探开发历程反映了中国东部地区油气勘探的发展趋势。济阳拗陷的勘探开发经历了从表层到深层、从常规到非常规资源的转变。早期的勘探活动集中在浅层的常规油气藏,经过数十年的开发,这些资源的勘探程度已经相对成熟。随着技术的进步和对油气资源需求的增加,勘探的重点逐渐转移到了深层及非常规资源,如页岩油、页岩气和致密油气等。

尽管存在巨大的资源潜力,济阳拗陷的勘探开发也面临着一系列挑战。首先,深层油气藏的勘探难度大,成本高。深层地质条件复杂,油气藏的压力和温度条件对勘探设备和技术提出了更高的要求。此外,深层油气藏的勘探风险也相对较高,需要更准确的地质模型和预测技术来降低勘探失败的风险。

非常规油气资源的开发同样面临技术和环境双重挑战。页岩油、页岩气的开发通常需要水力压裂等技术,这不仅技术要求高,而且对环境的影响也是不容忽视的。如何在保证开采效率的同时,减少对地下水、土地和空气的污染,是当前非常规油气开发亟需解决的问题。

面对这些挑战,济阳拗陷的勘探开发策略需要不断调整。一方面,需要加大地质勘探的力度,采用更先进的地震勘探技术和地质建模技术,提高勘探的精度和效率。另一方面,需要开发更高效、更环保的油气开采技术,降低开发成本,减少对环境影响。同时,石油企业应加强对非常规油气资源的技术研发和人才培养,以适应行业发展的新趋势。

6. 结论与展望

济阳拗陷作为胜利油田的重要组成部分,其油气资源潜力巨大。地质特征分析表明,良好的油源岩条件、成熟的生烃历史和多样的油气藏类型是其资源潜力的关键。勘探开发现状显示,尽管浅层常规资源已接近成熟阶段,但深层及非常规资源的开发潜力仍然巨大。

面对技术和环境的挑战,未来的勘探开发策略应包括加强地质勘探技术的应用、提高油气开采技术的效率和环保性。通过这些措施,可以有效地提升济阳拗陷的油气勘探开发水平,实现资源的最大化利用,为中国的能源安全做出贡献。

参考文献

- [1] 逢淑伊. 济阳拗陷古近系页岩成岩作用特征研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2023. <https://doi.org/10.27644/d.cnki.gsydu.2020.000681>
- [2] 汪立君, 郝芳, 陈红汉, 等. 中国浅层油气藏的特征及其资源潜力分析[J]. 地质通报, 2006(Z2): 1079-1087.
- [3] 刘建宁, 何幼斌, 王宁, 等. 济阳拗陷惠民凹陷沙三段地震事件沉积特征及地质意义[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(2): 14-23.
- [4] 王世虎, 夏斌, 陈根文, 等. 济阳拗陷构造特征及形成机制讨论[J]. 大地构造与成矿学, 2004(4): 428-434. <https://doi.org/10.16539/j.dggzyckx.2004.04.009>
- [5] 刘岩. 济阳拗陷走滑构造特征及油气分布规律研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2016.
- [6] 王民, 马睿, 李进步, 等. 济阳拗陷古近系沙河街组湖相页岩油赋存机理[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(4): 789-802.
- [7] 刘轩. 济阳拗陷长堤地区古近系油气富集规律研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.
- [8] 刘毅. 渤海湾盆地济阳拗陷沙河街组页岩油储层特征研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2018.