

下二门油田东部地区核三段I、II油组岩石学特征

韦志浩

长江大学地球科学学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2021年8月26日; 录用日期: 2021年10月18日; 发布日期: 2021年10月25日

摘要

在充分吸收前人研究成果的基础上, 综合运用地质、测井、录井、分析化验及生产动态等资料, 以地质学理论和精细油藏描述技术为指导, 基于“重视基础”的原则, 采用宏观与微观相结合、定性定量相结合的综合研究方法, 开展下二门核三段岩石学特征研究, 从而得出下二门油田核三段岩石学特征是: 结构成熟度低, 成份成熟度低, 即分选差, 石英、长石含量低, 岩屑含量高且不稳定组分占多数。通过沉积岩石学和相标志加重矿物的分布特征分析这一创新点, 得出了I、II油组时期, 下二门油田存在来自西北方向的侯庄地区和东部山区两个方向的物源, 其中以来自西北方向侯庄地区的物源为主, 东部山区物源为辅。为研究区的沉积体系研究提供了基础, 同时为下二门东油田的油气勘探提供了有效依据。

关键词

下二门油田, 核三段, 碎屑岩, 重矿物分部

Petrological Characteristics of the I and II Oil Groups of the Core Third Member in the Eastern Part of Xia'ermen Oilfield

Zhihao Wei

School of Earth Sciences, Yangtze University, Wuhan Hubei

Received: Aug. 26th, 2021; accepted: Oct. 18th, 2021; published: Oct. 25th, 2021

Abstract

This article mainly introduces the petrological characteristics of the third member of Hetaoyuan in the eastern part of Xiaermen Oilfield. On the basis of fully absorbing predecessor research re-

sults, comprehensive use of geology, logging, logging, analysis and testing, production performance and other data, guided by geological theory and fine reservoir description technical ideas, based on emphasis on the foundation, close to production. Based on the principle of "Integral Anatomy", the comprehensive research methods of combining static description and dynamic simulation, macro and micro, qualitative and quantitative are adopted to carry out the study of petrological characteristics of the third member of the Lower Ermen core, and the lower Ermen is obtained. The general petrological characteristics of the third member of the Hepu Member of the oilfield are: low structural maturity, low component maturity, that is, poor sorting, low quartz and feldspar content, high debris content and most unstable components. Through the analysis of sedimentary petrology and the distribution characteristics of facies marker weighting minerals, it is concluded that in the period of oil formation I and II, there are two sources from the Northwest Houzhuang area and the eastern mountainous area in Xiaermen oilfield, in which the source from the Northwest Houzhuang area is the main source and the Eastern mountainous area is the auxiliary source. It also provides a basis for the study of the sedimentary system in the study area, and at the same time provides an effective basis for the oil and gas exploration in the Xiaermendong Oilfield.

Keywords

Xiaermen Oilfield, The Third Member of the Hepu Member, Clastic Rock, Heavy Mineral Division

Copyright © 2021 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. 前言

自 1978 年 9 月投入开发以来下二门油田下、经历开发上的 4 次重大的调整目前已进入了高含水后期开发综合含水值很高。

1) 稀井网稳井产阶段(1978~1981)

下层系是在 1978 年试采基础之上于 1979 年由核三段 I、IV 油组归并而成。该阶段下层系油井正常开井 8~9 口,初投产日产油 140 t 左右,综合含水率达到 40.68%,末期综合含水率达到 41.89%,采收率为 4.5%。

2) 综合调整阶段(1982~1990)

在 1982 年初层系综合调整方案实施的基础之上,关闭前期 3 口含水井,陆续新增 6 口采油井,下层系采油效果较明显,含水上升率得到有效控制,综合含水率降至 20.34%,1982~1985 年为中含水开发阶段(含水率低于 60%),含水率递增了 15.4%。1986 年开始进入了高含水开发期,至阶段末综合含水率达到 80.4%,采出率为 12.44%。深层系自 1989 年 11 月以来经过下 5-804、下 16 井等 7 口井的钻探在 V-V1 分别发现了 10 个的含油小层(V5-8、VI2、VI6-7、VI4、VI8、V119),已探明明量 150 万吨。受储层物性较差(低孔低渗)的影响,投入开发的效果不理想。

3) 井网加密阶段(1991~1994)

该阶段经历了井网一次加密和二次加密后,新投产了 6 口采油井,下层系采油速度得到了回升,综合含水基本稳定在 86.3%,至末期综合含水率为 89.14%,采出率为 20.3%。

4) 完善调整阶段(1994~2005)

经过后续的局部井网完善阶段后,下层系新增油井 6 口,增加水井 3 口,单井平均日产油从 5.0 t 下降到 3.5 t 左右,综合含水从 87.48%。上升到 91.10%,采出率为 25.9%。

截至目前为止，涉及下二门油田下、深层系总井口数达 120 余口，日产油 91.8 t，地质储量已采出程度达 29.80%，综合含水率达 90.98%，已进入高含水开发后期，剩余油块的“挖潜增效”成为该油田当前乃至今后一段时间内的主攻方向。

而本文从岩石学特征研究入手，通过沉积岩石学和相标志分析这一创新点，采用宏观与微观相结合，定性与定量相结合的研究方法，由点(井)→线(剖面)→面(平面)的研究思路，开展下二门核三段岩石学特征，并在此基础上，应用碎屑岩成分成熟度与重矿物的分布，进一步研究，为之后的研究区物源方向的确定与为下一步开发部署提供了有利的依据[1]。

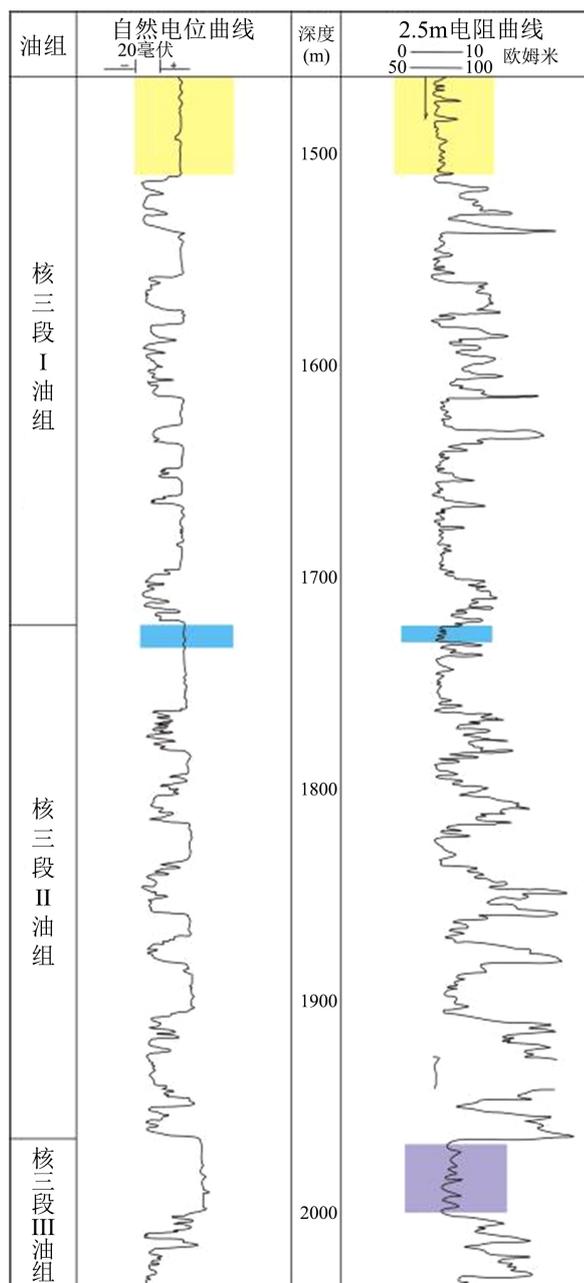


Figure 1. Logging curve characteristics of well j6-87

图 1. J6-87 井测井曲线特征

2. 区域地质概

研究区为处于泌阳凹陷东部边界下降盘的内侧，属于一个在中新生代油气聚集的小型断陷盆地，且在研究区内有下二门背斜发育。

在唐河与栗园的边界断层下降盘内侧是下二门的主要背斜构造，在南北地区有下小上大的背斜，面积7~13 km²。以扇三角洲和三角洲沉积作为储集层。主要砂体来自方向为东北的辫状河三角洲(侯庄地区)，其次为碎屑流形成的扇三角洲(东部山区)，平面上以扇形为主，也有长条形、土豆形等发育形状。

研究区 I、II 油组包含东部地区的近岸扇三角洲重力流沉积和侯庄地区辫状三角洲沉积，这两个主要沉积体系。辫状三角洲相带主要发育席状砂、前缘砂坝和水下分流河道等砂体微相。东部地区在盆地的陡坡带上，形成了许多重力流水道砂砾岩体和近源扇三角洲。其中扇三角洲是主要的储集体[2]。

3. 油组划分

下二门油田原油储量主要集中于核二段和核三段。我们可以把核三段的油组分成九份，本文的主要研究对象是核三段的两个油组，分别是油组 I 与油组 II。根据测井曲线反映的特征，我们识别了核三段 I~II 油组的测井界面，测井特征如下图(图 1、图 2)所示：

- 1) 核三段 I 油组顶部以大段泥岩与核二段分界；核三段 II 油组顶部以较厚的湖泛期泥岩
- 2) 与核三段 I 油组分界；核三段 III 油组顶部以小齿形电阻率曲线形态的泥岩为特征，与核三段 II 油组分界(图 1)。
- 3) 核三段 I 油组除顶部的大段低阻泥岩外，第 5 小层砂体也不发育，整体表现大段的泥岩，为次级湖泛期的产物，全区对比良好(图 2) [3]。

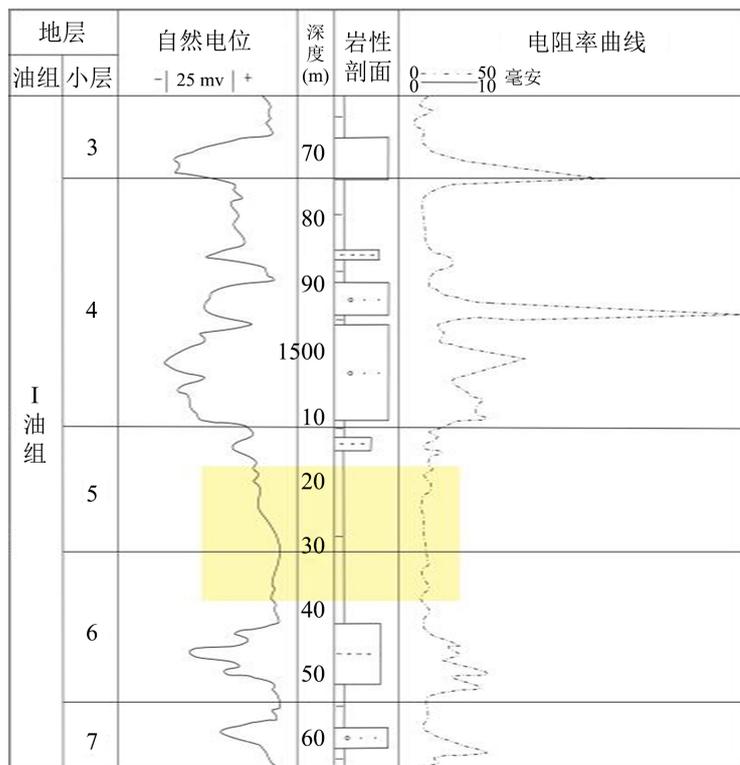


Figure 2. Logging curve characteristics of sub layer 5 of oil formation I of well Xia 4-9
图 2. 下 4-9 井 I 油组 5 小层测井曲线特征

4. 岩石特征

岩石学是一门基础性的自然学科,属地质学的分支学科,其主要研究对象是岩石的成分、结构构造、产状、分布、成因、演化历史和它与成矿作用的关系。而对于岩石学的研究是多方面的,不仅要清楚的了解不同类型岩石之间的复杂关系,还要从微观层面研究岩石在物质成分上的特征,从而确定各类岩石的成岩环境和结构构造特征。追溯岩石学的发展,我国与之相关出现最早文字记载的是《山海经》,把岩石称为石;而国外与之相关出现最早文字记载的则是《石头论》,这是西方岩石学最初的思想萌芽。到 19 世纪中期至 20 世纪初期,随着新技术的迅猛发展以及在许多领域的创新性应用,许多产业驶入了发展的快车道,在岩石学上的应用也同样如此,特别是在地质调查和地质图件的绘制方面,新技术得到了广泛的应用,使岩石学成为一门较为完备和成熟的学科[4]。

沉积相及岩相古地理的研究基础基于岩石学特征分析。研究区核三段沉积时期,物源丰富、水流发育,有良好的沉积背景,也有多个物源方向。对下二门油田核三段 I、II 油组岩石学特征研究主要从沉积岩的岩石种类、颜色、重矿物分布、碎屑岩成份成熟度等方面来描述。下二门油田核三段总的岩石学特征是:成分成熟度低,结构成熟度低,即分选差,岩屑含量高且不稳定组分居多[5]。

4.1. 沉积岩颜色与沉积环境

核二、三段沉积时期,在断层边界地区活动强,处在阶段为湖盆深陷扩张,盆地中沉积了暗黑色泥岩、白云岩和页岩总厚度为 990 m。泥质岩中的水平层理与“钙化物”都比较发育,时常出现黄铁矿结核反映出是在还原条件下沉积的,显然深水环境是此沉积时期的沉积环境的主要环境。

总得看 I 油组呈现出的过程是湖退。I 油组早中期(I₉~I₆),下二门地区除 5-152、5-510、5-512、6-152 地区泥质岩呈浅灰色变成灰绿色,其他地区泥质岩颜色为深灰色,说明 I 油组早中期下二门地区水体深度仍维持较深状态,仅在东部 5-512~6-152 一带由半深湖慢慢变为浅湖环境。I 油组末期(I₄~I₁),下二门地区 T3-507~6-13 一线以北区域,泥质岩逐渐由深灰色变为浅灰色、绿灰色,反映出改区域由半深湖渐变为浅湖环境[6]; 5-152、5-510、5-512、6-152 一带泥质岩逐渐由浅灰色、灰绿色变为棕红色,说明随着盆地的充填,次地区地形开始变得平缓,5-512~6-152 一带环境逐渐变为露水面的滨浅湖(图 3)。

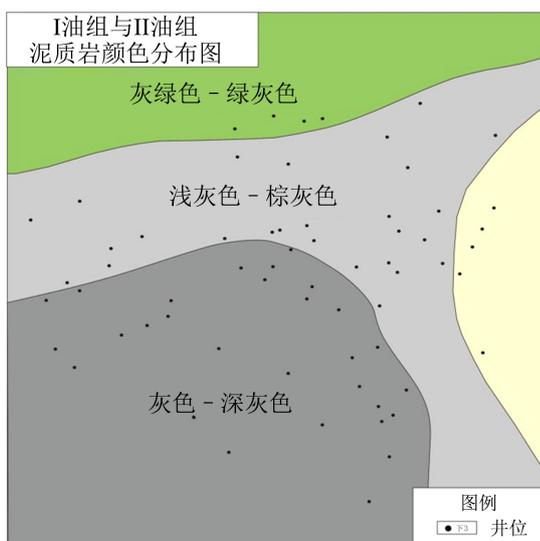


Figure 3. Chromatogram distribution of mudstone in oil formation I and II of nuclear 3 member in Xiaermen Oilfield
图 3. 下二门油田核三段 I、II 油组泥岩色谱分布图

4.2. 岩石类型

在研究岩石类型时，只有单一的岩石类型不是区别划分沉积相的有效标志，但如果以整个盆地为出发点进行分析，就能得到对当时沉积环境有用的解释信息[7]。

下二门油田核三段 I、II 油组为湖相粗碎屑三角洲沉积体系，根据 100 口井综合录井图的统计结果，岩性大致分为 5 种：中细砂岩、含砾砂岩—块状砾岩—砾状砂岩、泥岩、和粗砂岩(图 4)。

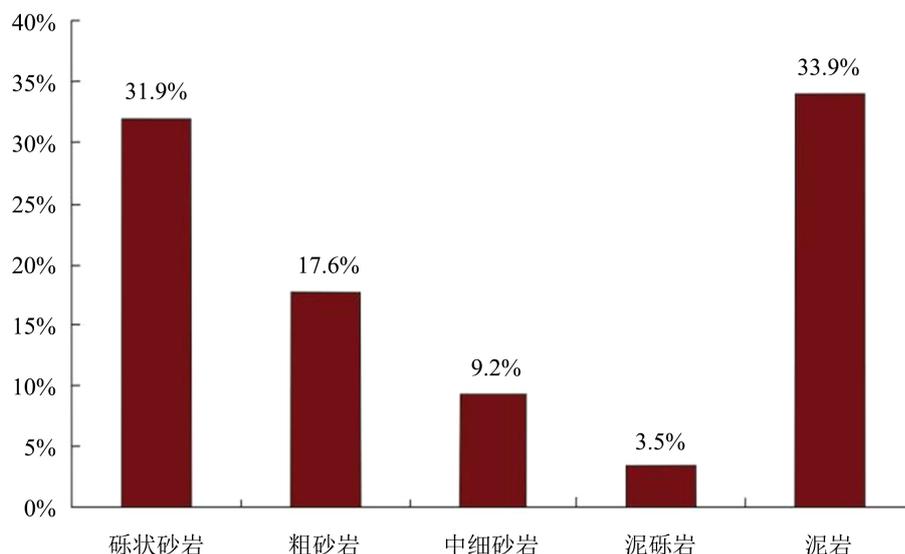


Figure 4. Distribution histogram of lithologic content of oil formation I and II of He3 member in Xiaermen Oilfield

图 4. 下二门油田核三段 I、II 油组岩性含量分布直方图

核三段 I、II 油组块状砾岩砾石含量高达 50% 以上，单层厚度较薄，一般在 25~38 厘米之间，个别层在 1.2 米以上[8]。砾石主要由细砾构成，平均砾径在 2~4 毫米之间，最大砾径可达 6 厘米甚至更大。砾石分布较为均匀，成分复杂，以石英和花岗岩岩为主，分选中等至较差不等，大多为颗粒支撑，为次棱角到次圆状。此类岩石一般出现在单砂体的中下部，也有出现在底部的情况，通常与其下部地层会有冲刷接触，反映沉积时期的水流特征为高能强水流。

粗砂岩分选中等到较好，为次圆状，成分以长石、石英为主，伴有泥质胶结物，在底部有时出现钙质胶结段，其质地呈现坚硬、致密的状态，是一种水动力条件相对稳定条件下产生的沉积。

砾状砂岩—含砾砂岩基本特征与块状砾岩相似，砾石成分减少，砂质增多，一般与块状砾岩呈渐变接触，砾石含量在 4%~29% 之间。其沉积构造多为块状的呈正向递变的层序或大型交错层理，是一种强水动力条件下的沉积[9]。

杂基支架中的砾岩在该区一般为泥石流沉积，砾石排布没有规律，相对泥质含量高，其特点有沉积环境水动力强，物源区的距离较近和水流不稳定，主要分布于该区域东部老山地带。

4.3. 碎屑岩石学特征

从 I、II 油组 100 多口取心井中选出 32 块铸体薄片分析资料，反映出特点是近物源短距离搬运的，因为砂岩类型主要为岩屑砂岩及长石岩屑砂岩，含有部分岩屑长石砂岩(图 5)；岩屑主要见绿泥石、云英岩、石英岩、千枚岩、花岗岩、片岩。矿物碎屑平均百分含量见(图 6) [10]。

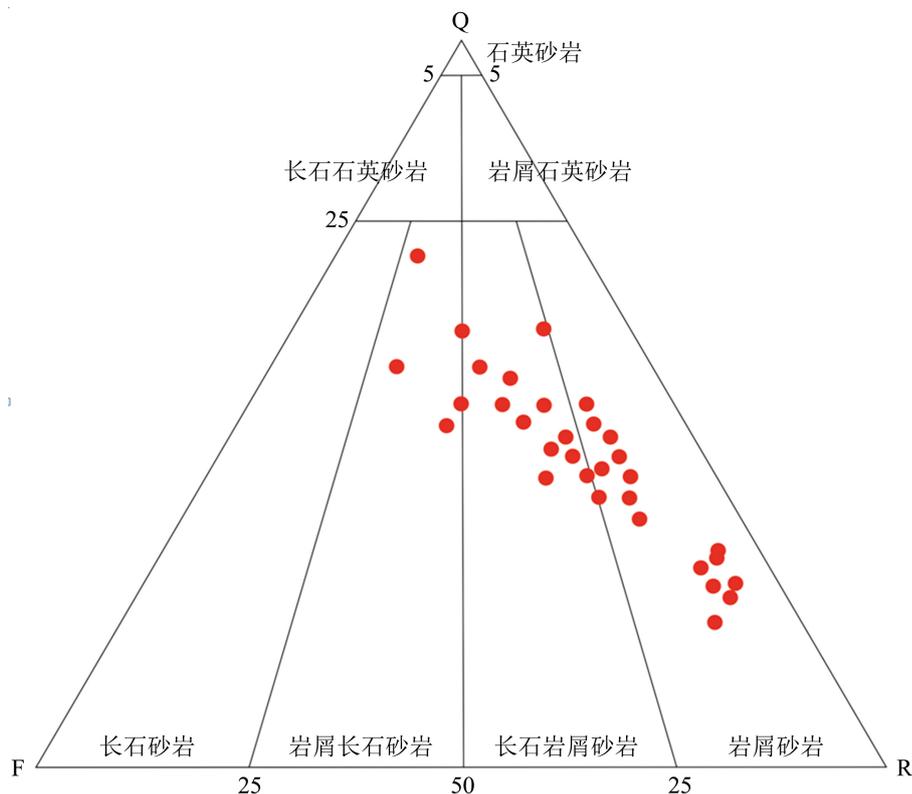


Figure 5. Triangular diagram of rock types of oil formations I and II of He3 in Xiaermen Oilfield
图 5. 下二门油田核三段 I、II 油组岩石类型三角图

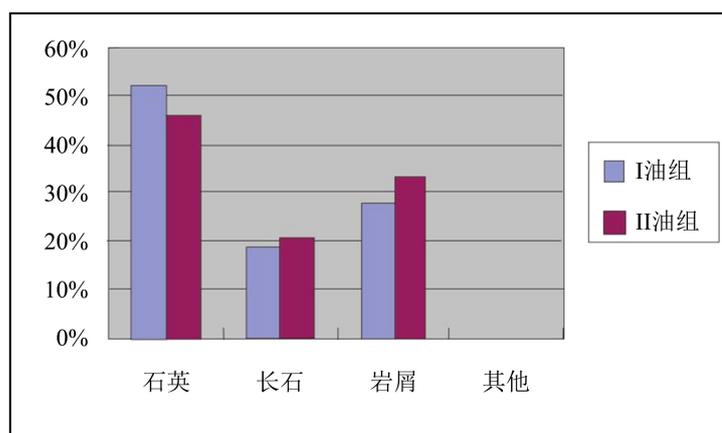


Figure 6. Average percentage content of mineral debris in oil formation I and II of nuclear 3 member in Xiaermen Oilfield
图 6. 下二门油田核三段 I、II 油组矿物碎屑平均百分含量

4.4. 碎屑岩成分成熟度

碎屑岩的成分成熟度是指碎屑沉积组分在风化、搬运、沉积作用的改造下接近最稳定的最终产物的程度。在碎屑成分中，石英最常见，并且抵挡风化能力最强，因为其相对不变的组分，故在搬运和沉积过程当中受磨蚀转变影响都很小[11]。长石的稳定性仅此石英，可是酸性斜长石和钾长石的稳定性又相对于要高。伴随碎屑岩的成份成熟度的增高，不稳定组分的含量会变少，相对稳定组分含量会增添。在研

究砂岩时，经常使用成份成熟度的衡量标准，即 $Q/(F + R)$ [12]。

在下二门油田东部区域，I、II 油组各取心井碎屑岩成分成熟度参数($Q/F + R$)在东北方向往西南有增大趋势，这表明了下二门油田东部区域物源主要来自东部老山地区(图 7)。

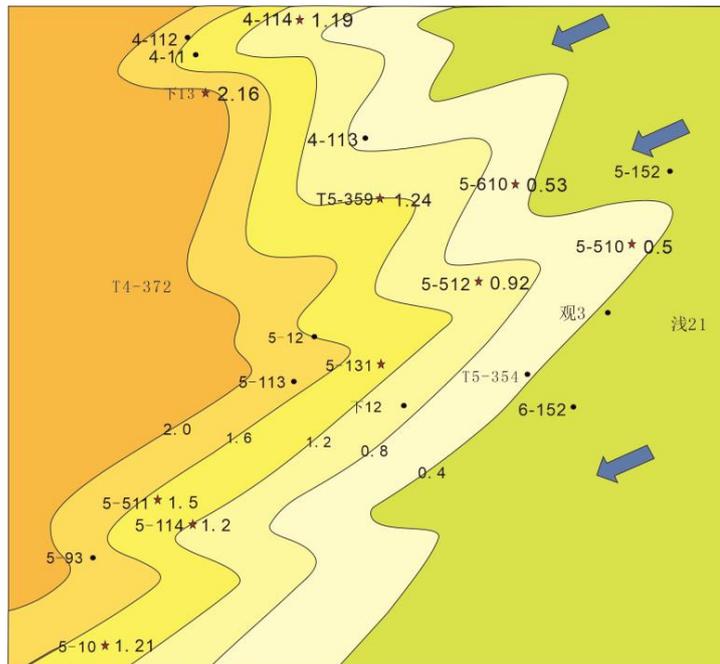


Figure 7. Variation trend of rock composition maturity of target wells in oil formations I and II of nuclear section 3

图 7. 核三段 I、II 油组目标井岩石成分成熟度变化趋势图

4.5. 重矿物分布特征

重矿物因稳定性强、耐磨蚀，可以或较好的保存母岩的特性，重矿物散布特征在物源分析中有重要的地位[13]。重矿物分布法对母岩的性质有一定的要求，当变质岩和火山岩成为母岩时，其中的重矿物所经历的沉积、搬运次数比较少，一般会较好的保存下来，并且能较好地反映物源地区的性质。稳定的重矿物分布广、抗风化能力强，在母岩偏远区域含量多，不稳定的重矿物分布局限、抗风化能力弱，且在母岩偏远区域相对少(稳定性可参考表 1)。

Table 1. Stability of detrital heavy minerals

表 1. 碎屑重矿物稳定性

稳定程度	重矿物名称
超稳定	金红石、锆石、电气石、锐钛石
稳定	磷灰石、石榴石(含铁少)、十字石、独居石、黑云母、钛铁矿、磁铁矿
中等稳定	绿帘石、蓝晶石、石榴石(富含铁矿)、硅线石、楣石、黝帘石
不稳定	角闪石、阳起石、辉石、透辉石、紫苏辉石、红柱石
极不稳定	橄榄石

由图 8、图 9 可以看出，在研究区东部地区，核三段 I、II 油组各取心井稳定重矿物组合含量在东北方向往西南方向有增大趋势，而不稳定重矿物组合的含量则在东北方向向西南方向有减小趋势，说明下研究区东部地区主要物源方向来自于东部老山[14]。

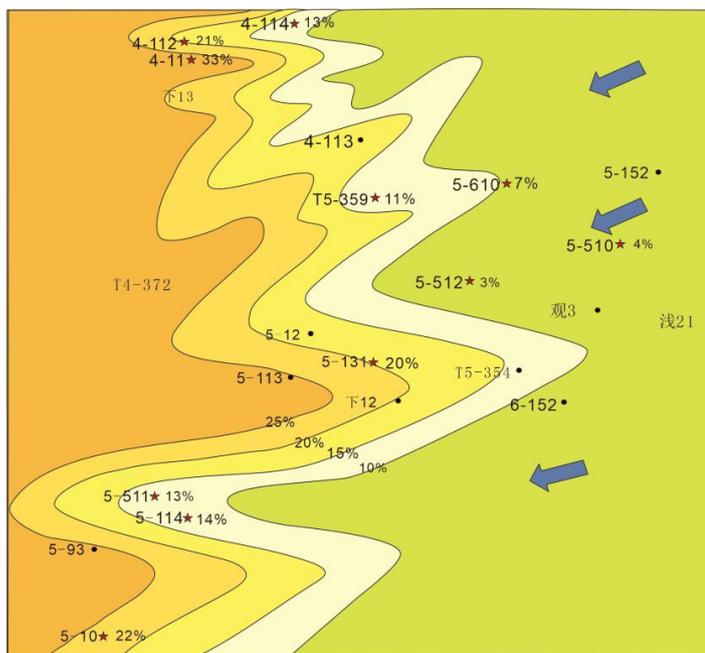


Figure 8. Plane distribution of stable minerals in oil formations I and II of member 3 of nuclear power plant

图 8. 核三段 I、II 油组稳定重矿物平面分布

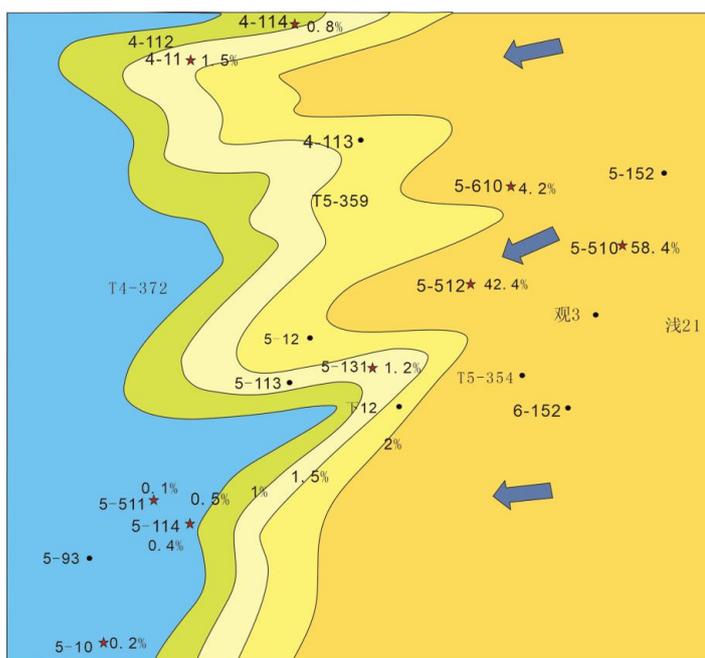


Figure 9. Plane distribution of unstable minerals in oil formations I and II of member 3 of nuclear power plant

图 9. 核三段 I、II 油组不稳定重矿物平面分布图

根据已有的研究成果, 可知研究区东北部剥蚀区其母岩岩性为变质岩; 东部剥蚀区母岩岩性为酸性岩浆岩。且每种母岩类型有对应的重矿物组合, 在研究区重矿物分析中, 我们见到的重矿物组合种类有酸性岩浆岩还有变质岩等, 证实了研究区物源的来源并不是来自单一的方向[15]。

所以我们由以上分析可知道下二门油田核三段 I、II 油组, 岩性大致分为: 中细砂岩、含砾砂岩 - 块状砾岩 - 砾状砂岩、泥岩、和粗砂岩这五种。以中细砂岩、粗砂岩与砾状砂质岩为主, 且主要的砂岩种类是长石岩屑砂岩及岩屑砂岩[16]。在核三段 I、II 油组各取心井稳定重矿物组合含量从东北方向往西南方向有增大的势头, 不稳定矿物组合含量从东北方向往西南方向有减小的趋向, 证实下二门油田东部地区物源主要来自东部老山一带。

5. 讨论与结论

在经过近 30 年的高效开发, 下二门油田已经进入开发后期, 由于所辖面积小, 开发程度高, 开发难度不断增大, 地下剩余油分布极其复杂, 具有“薄、小、散、差”的特点, 即厚度薄、面积小、分布零散和物性差。如何正确地认识油藏砂体的水淹状况, 寻找储层中的剩余油, 提高油藏采收率, 已经成为油田下一步工作急需解决的问题。因此, 创新工作思路, 运用新技术新方法深入的研究下二门油田的储层性质, 显得尤为重要。即得到了以下的结论:

1) 下二门油田 I、II 油组中长石岩屑砂岩及岩屑砂岩是首要的砂岩类型, 有少许的长石砂岩。碎屑岩成份成熟度低, 岩屑含量高并且不稳定的组分占大多数, 结构成熟度低, 且分选差。

2) 核三段 II 油组泥质岩均为浅灰色和灰色, 反映出 II 油组沉积时期, 研究区水体始终较深, 属半深湖沉积环境。

3) 通过沉积岩石学和相标志分析这一创新点, 得出了 I、II 油组时期, 下二门油田存在来自西北方向的侯庄地区和东部山区两个方向的物源, 其中以来自西北方向侯庄地区的物源为主, 东部山区物源为辅。

参考文献

- [1] Li, Y.L., Xu, W., Fu, M.Y., Deng, H.C., Wu, D., He, J.H., Guo, H.W. and Chen, P. (2021) Dolomitization Controlled by Paleogeomorphology in the Epicontinental Sea Environment: A Case Study of the 5th Sub-Member in 5 Member of the Ordovician Majiagou Formation in Daniudi Gas Field, Ordos Basin. *Minerals*, **11**, 827.
- [2] Yuichiro, K., Masahiro, Y. and Shinichi, H. (2021) Petrological Assessment of Drying Shrinkage of Sedimentary Rock Used as Aggregates for Concrete. *Materials & Design*, **209**, Article ID: 109922. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109922>
- [3] 王巍, 张星培, 孙载波, 田应贵, 周坤, 李旭俊, 周听全, 崔子良, 李国昌. 滇西澜沧县黑河地区榴辉岩岩石学、地球化学特征: 洋内初始俯冲作用的岩浆活动[J]. 地质通报, 2021, 40(7): 1057-1067.
- [4] 吴西峰, 郝爱华. 硅质结核的岩石学、地球化学特征及成因综述[J]. 化工管理, 2021(20): 79-80.
- [5] 李士超, 杨建国, 柳波, 姚玉来, 肖飞, 白龙辉, 黄一鸣, 李昂, 张丽艳. 松辽盆地三肇凹陷青山口组一段泥页岩岩石学特征及岩相划分——以松页油 3 井为例[J]. 地质与资源, 2021, 30(3): 317-324+295.
- [6] 冉秋成, 冯红刚. 阿尔金南缘青白口纪花岗岩片麻岩岩石学特征及锆石 U-Pb 同位素定年[J]. 新疆有色金属, 2021, 44(3): 18-19.
- [7] 赵海涛, 郭进京, 刘重庆, 许何弘昕. 西秦岭北缘上新世韩家沟砾岩岩石学特征及物源分析[J]. 西北地质, 2021, 54(2): 86-98.
- [8] 李金超, 国显正, 孔会磊, 姚学钢, 贾群子. 东昆仑浪麦滩地区 A 型花岗岩年代学、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质学报, 2021, 95(5): 1508-1522.
- [9] Suranjan, G., Prabhakar, N. and D'Souza, J. (2021) Origin of Multilayer Corona Textures in Mafic Granulites from the Sandmata Complex, Aravalli Craton (Northwestern India): Petrological Characteristics and Tectonic Implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **176**, Article No. 35.
- [10] 朱毅秀, 金振奎, 金科, 郭茂恒, 王欢, 吕品, 王昕尧, 师源. 中国陆相湖盆细粒沉积岩岩石学特征及成岩演化

- 表征——以四川盆地元坝地区下侏罗统大安寨段为例[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(2): 494-508.
- [11] 殷桂芹, 陈友良, 郭涛, 郭彦宏, 欧何琼. 攀枝花米易地区白马含矿岩体岩石学特征[J]. 四川冶金, 2021, 43(2): 14-19+27.
- [12] Dam, M.H., Tuyen, V.T., Trieu, N.T. and Tham, N.T. (2021) Biostratigraphic and Petrological Characteristics of Cretaceous-Paleogene Sediments in the Eastern Cuu Long Delta. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, **11**, 2055-2073.
- [13] 王玺童, 王怀厂, 官玉龙, 刘文香, 罗顺社, 吕奇奇, 张严. 山西黎城中元古界长城系常州沟组岩石学特征和沉积环境[J]. 海相油气地质, 2021, 26(1): 71-80.
- [14] 李书海. 塔里木盆地北缘日达里克地区库车组下段砂岩岩石学及地球化学特征[J]. 新疆地质, 2021, 39(1): 124-128.
- [15] 肖峻文. 迁安山叶口常州沟组一段岩石学特征[J]. 城市地质, 2021, 16(1): 94-99.
- [16] 朱世发, 崔航, 陈嘉豪, 骆高俊, 王文禹, 杨祎, 施翌. 浅水三角洲沉积体系与储层岩石学特征——以鄂尔多斯盆地西部地区山1盒8段为例[J]. 沉积学报, 2021, 39(1): 126-139.