

# 准噶尔盆地玛湖凹陷风城组油藏地质特征和成藏规律

刘得光<sup>1</sup>, 李世宏<sup>1</sup>, 周路<sup>2</sup>, 刘冠伯<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依

<sup>2</sup>西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

收稿日期: 2021年10月27日; 录用日期: 2021年11月19日; 发布日期: 2021年11月26日

## 摘要

本文充分利用最新、最全的准噶尔盆地勘探和研究成果, 深入分析玛湖凹陷风城组油气成藏地质条件, 总结主要控藏因素和成藏规律。结果表明: 风城组从玛湖凹陷边缘断裂带至凹陷中心区, 依次形成了常规油藏、致密油藏和页岩油藏, 源控特征十分明显, 凹陷中西部油藏数量最多且储量大、东部斜坡区油藏很少。常规油藏类型主要为构造型、次为断层-地层复合型, 分布于断裂带、鼻隆构造等, 相对优质储层控制着原油富集和高产。玛南斜坡-百泉1井一带风城组属于异地生储致密油成藏模式, 油源充足, 勘探潜力大。玛北地区-凹陷中心区为风城组原地生储页岩油藏成藏, 是页岩油勘探的重要区块。此外, 玛北、玛湖和玛南风城组构造是寻找深层多类型油气藏的有利目标。

## 关键词

玛湖凹陷, 风城组, 常规油藏, 致密油, 页岩油, 成藏规律

# Geological Characteristics and Reservoir Formation Law of Fengcheng Formation in Mahu Depression, Junggar Basin

Deguang Liu<sup>1</sup>, Shihong Li<sup>1</sup>, Lu Zhou<sup>2</sup>, Guanbo Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, Karamay Xinjiang

<sup>2</sup>College of Geosciences and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 27<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 19<sup>th</sup>, 2021; published: Nov. 26<sup>th</sup>, 2021

文章引用: 刘得光, 李世宏, 周路, 刘冠伯. 准噶尔盆地玛湖凹陷风城组油藏地质特征和成藏规律[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(11): 1493-1505. DOI: [10.12677/ag.2021.1111144](https://doi.org/10.12677/ag.2021.1111144)

## Abstract

This paper makes full use of the latest and most complete exploration and research results in Junggar basin, it deeply analyzes the geological conditions of oil and gas accumulation in Fengcheng Formation of Mahu sag, and summarizes the main reservoir controlling factors and reservoir forming laws. The results show that from the marginal fault zone of Mahu sag to the central area of the sag, Fengcheng Formation successively forms conventional reservoir, tight reservoir and shale reservoir. The source control characteristics are very obvious. The number of reservoirs in the central and western parts of the sag is the largest and the reserves are large, and there are few reservoirs in the eastern slope area. Conventional reservoir types are mainly structural type, followed by fault stratum composite types, which are distributed in fault zone and nose uplift structure. Relatively high-quality reservoir controls crude oil enrichment and high production. The Fengcheng Formation in the area of Manan slope Baiquan 1 well belongs to the tight oil accumulation model of off-site source and reservoir, with sufficient oil source and great exploration potential. Mabei area—the central area of the depression is an important block for shale oil exploration, which is the in-situ source reservoir of Fengcheng Formation. In addition, the structures of Mabei, Mahu and Manan Fengcheng Formation are favorable targets for searching deep multi-type oil and gas reservoirs.

## Keywords

Mahu Depression, Fengcheng Formation, Conventional reservoir, Tight Oil, Shale Oil, Reservoir Forming Law

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. 引言

准噶尔盆地是中国西北地区典型的大型叠合含油气盆地[1] [2],其西北部玛湖凹陷是国内有名的富烃凹陷。近年来,在斜坡-凹陷区下三叠统百口泉组、上二叠统上乌尔禾组连获勘探突破,大面积成藏特点显现[3],呈现出了新的“玛湖大油气区”,为国内外勘探界所瞩目。目前,在玛湖凹陷二叠系、三叠系、侏罗系等多层系已发现众多油田[4] [5],主要分布于断裂带、凸起和斜坡区。下二叠统风城组先后自己发现 17 个常规油藏,合计占比不足整个凹陷区总储量的十分之一;2020 年在玛南斜坡风城组发现一致密油藏,储量规模约 2 亿吨,在玛北地区玛页 1 井页岩油勘探获得实质性突破。

前人对玛湖凹陷风城组沉积、储层、烃源岩等方面做了大量研究,认为该组为碱湖背景下沉积的一套混积岩,既有碎屑岩,又有火山岩,局部夹有化学岩[6] [7] [8]。砂砾岩储层为低孔、低渗型,相对优质储层控制了油气富集,物性较好的储层含油性好,云质细粒碎屑岩是准噶尔盆地致密油规模分布层系之一[9]。风城组烃源岩生烃能力强,具有多阶段生烃特点[10] [11],玛湖凹陷的原油来自风城组烃源岩[12]。但对该组油藏地质特征、富集规律,尤其是非常规油藏进行研究的文献很少,在一定程度上制约了对其认识和勘探工作。笔者详细解剖了风城组常规油藏构造、储盖层等特征以及非常规油藏的富集因素,分析区域构造、沉积、烃源岩及储集岩发育特点,全面总结玛湖凹陷风城组油藏分布和形成规律,指出下一步有利勘探区,对该区风城组勘探具有参考价值。



覆，直至第三纪仍在活动，主要表现为断裂带推覆的隆升(图 2)，形成了这两组逆冲高角度断裂系统[14]，对工区油气成藏起了关键作用。三叠系及其以上表现为向西上倾特征，多套地层之间为不整合接触。中拐凸起形成时间早、活动时间长，大的层系之间均为不整合接触，常见地层底超顶剥现象。达巴松凸起形成于二叠纪，现今为凹中隆形态。该凹陷中北部有风南鼻隆、乌尔禾鼻隆、玛北及玛湖背斜等构造，最早形成于晚海西期，至燕山运动期基本定型。从构造角度分析，它们均为有利的油气聚集单元。

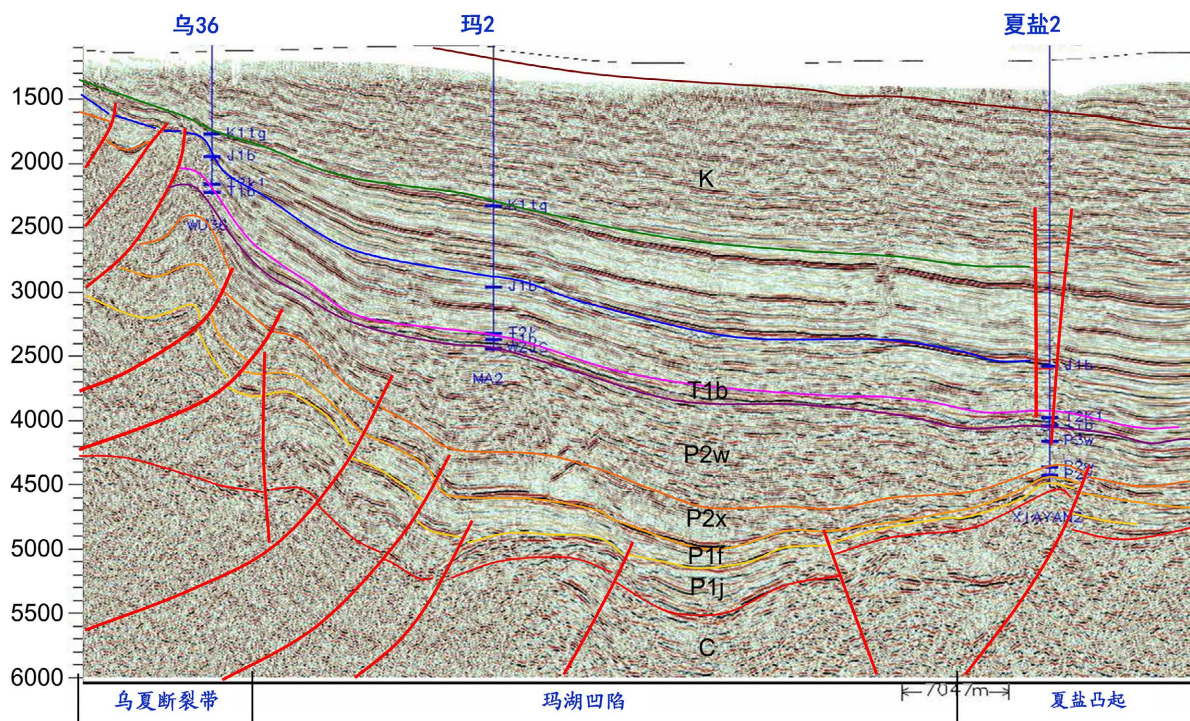


Figure 2. Northwest-southeast seismic geological interpretation section of Mahu sag  
图 2. 玛湖凹陷西北-东南向地震地质解释剖面

### 2.3. 沉积相与环境

风城组属于碱湖背景下沉积的扇三角洲-湖泊体系(图 3)，并伴有火山岩碎屑岩及喷发岩，从宏观上决定了烃源岩、储集岩以及盖层分布。扇三角洲主要分布在玛南-百口泉一带，以砂砾岩为主的粗碎屑岩，凹陷区主体沉积了碱性湖泊相的暗色泥岩。夏子街及其东北部风一段发育有溶结凝灰岩、玄武质安山岩等岩浆岩，玛南地区风二段有厚度 10~20 m 的喷发相玄武岩。风二段、风三段碱湖相云质岩及含碱性矿物岩在大部分区域均有分布，对其储集性的演化起到了一定的改善作用。玛东斜坡的达探 1、盐探 1 井均钻遇了云质细粒碎屑岩，其厚度明显减薄，不到 50 m。

风城组沉积时期凹陷内为碱性环境，属于碳酸盐湖泊，不同于常见的盐湖(硫酸盐湖)，主要证据是碱类矿物发育，碳酸盐矿物含量占优势。碱类矿物主要有硅硼钠石、碳酸钠钙石、碳镁钠石、碳氢钠石和苏打石等，偶见骸晶状石盐[8]。风城组主要由陆源碎屑、碳酸盐组分和火山物质 3 个端元以不同比例混积而成，为发育于碱湖环境下的较特殊的白云质混积岩，可细分出泥质岩、白云泥质岩、砂砾岩、凝灰岩和混积岩 5 大类，既有烃源岩又有储集岩，云质岩普遍发育和黏土矿物含量低是其最大的特点。白云石既有准同生成因，又有后生白云石化作用形成的，还有热液成因[15][16]。凹陷内深大断裂附近纵向上发育富硅硼钠石岩类，这也表明了有深部热液侵入。

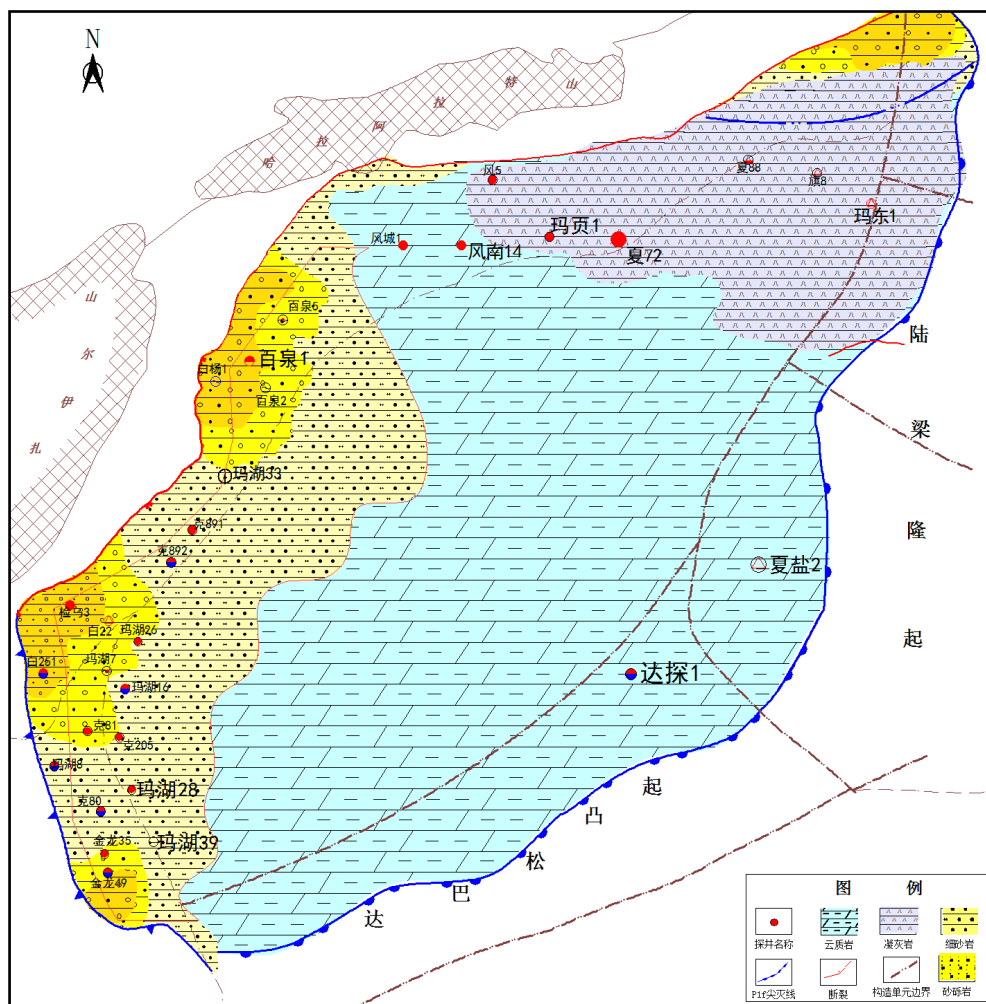


Figure 3. Distribution of dominant lithofacies of Fengcheng formation in Mahu depression  
图 3. 玛湖凹陷风城组优势岩相分布图

### 3. 风城组油藏地质特征

#### 3.1. 烃源岩

风城组烃源岩为碱性湖泊环境下沉积的富含碱性矿物的云质泥岩、泥岩、云质粉砂岩等以及凝灰质泥岩等。风二段沉积水体更偏碱性，云质岩发育，烃源岩厚度大，含碱矿物占较高。源岩抽提物中 Pr/Ph 多小于 1.0， $\gamma$ -蜡烷、 $\beta$  胡萝卜烷含量高，都显出沉积水体还原性强，与已有认识一致[17] [18]。值得一提的是，风城组碱湖相源岩生物标志物特征与半咸水-咸水湖相类似，不具有碱湖相特征性标志。

碱湖相源岩生物产率高[19]，但风城组源岩现今残余有机质丰度不高，有机碳含量最高不超过 2.3%，大于 1.0%的好烃源岩占 45%~62%，生烃潜量  $S_1 + S_2$  多数为 2~10 mg/g，这与源岩原始有机质已经大量生烃、排烃有关。有机质丰度大部分达到了中等标准，少部分属于好-最好。通过本次研究工作，认为泥质云岩、泥岩、泥质凝灰岩以及混积岩等有机质丰度无明显差异，风二段、风三段有机质丰度整体高于风一段，是烃源岩主要发育段。

风城组源岩高效生烃，产烃率高，几乎两倍于一般湖相烃源岩[10]，根本原因是在碱湖中沉积和保存了丰富的 I 型、II 型有机质，几乎全为无定形体。富含以菌、藻类为特色的生烃母质，细菌的参与使得

源岩早期生烃、持续生烃，生油窗拉长[11][20]。该套源岩在 2800~5000 m 深度内成熟度没明显变化，80% 以上样品岩石最高热解峰温  $T_{max}$  在 435℃~450℃ 之间，均处于成熟阶段[21]。据热演化史模拟，该源岩在埋深大于 5500 m 以下达到高成熟。可见该源岩以生油为主，持续时间长，可为该区连续成藏提供充足的油源。

### 3.2. 储层特征

风城组发育三大类储层，即粗碎屑岩、云质细粒岩与火山岩，即使同一岩类，储集性差异也较大，三类储层均有较强非均质性，相对优质储层占比不高。

粗碎屑岩主要为扇三角洲相，以砾岩、砂质砾岩和含砾粗砂岩为主，夹有少量砂岩和细砂岩，在玛南-百口泉一带厚度最大，一般为 200~1200 m。它们成分和结构成熟度普遍较低，杂基含量较高，常见碳酸盐、沸石和凝灰质等胶结物。风城组砂砾岩油藏主要分布于玛南地区，巨厚砂砾岩中多发育 1~3 层有效储层，单层厚多为 5~15 m。例如白 251 井区油藏的 245 块样品孔隙度多为 6%~13%，平均 10.1%，渗透率大部分为  $0.01\sim 1.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均  $0.09 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，为低孔、特低渗型。孔隙类型较多，主要有溶蚀孔隙(晶间溶蚀孔和粒间溶蚀孔)、残余粒间孔、晶间微孔和微裂缝等，方沸石溶孔占比最高，可达 55% 以上(图 4)。

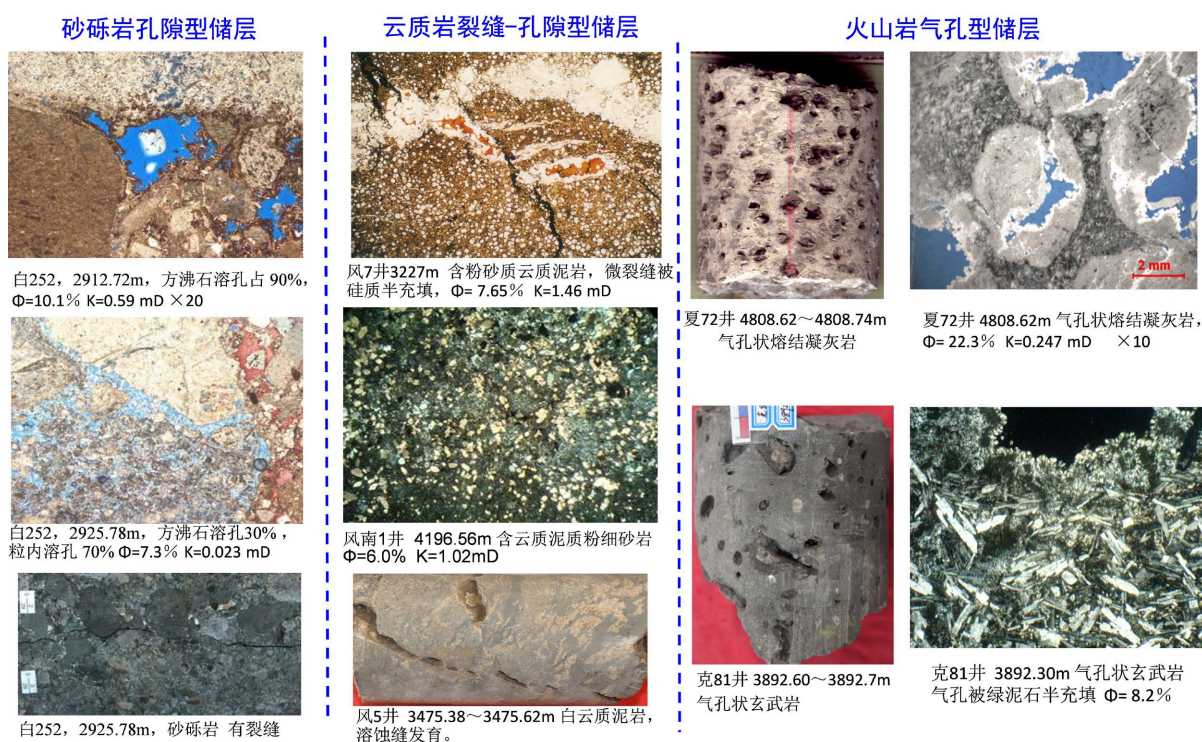


Figure 4. Photos of core and rock thin section of class III reservoir of Fengcheng formation in Mahu sag

图 4. 玛湖凹陷风城组三类储层岩心与岩石薄片照片

风城组云质岩类储层主要为云质粉砂岩、含碱性矿物高的含云粉砂质泥岩以及泥质白云岩等，是页岩油主体岩性；这是因泥质白云岩和白云质粉砂岩脆性较强、厚度较大，容易形成裂缝和发生溶蚀，有利于改善储层物性[15]。甜点体孔隙度平均 7.8%；渗透率平均  $0.122 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，为特低孔、低渗储层。主要孔隙类型为溶蚀孔[15][16]，凸起和断裂带构造缝、成岩缝较发育，储集类型为孔隙-裂缝型。通过

岩心仔细观察,发现与云质岩互层的呈层状分布的碳酸钠钙石、氯碳酸钠镁石等碱性矿物容易形成溶蚀孔,云质含量高,裂缝相应增多。裂缝发育程度、溶孔与裂缝配置关系和云质含量是影响风城组云质岩储层的关键因素[22]。

火山岩储层发育在风一段和风二段,风一段火山岩储层分布在夏子街及其以北区域,夏72井区风一段是一套流纹质熔结凝灰岩,气孔发育,成岩矿物充填程度低,孔隙度平均18.7%;渗透率平均 $0.292 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为中孔、低渗储层。风二段玄武岩储层分布在中拐凸起北斜坡,展布面积较小,储集性好于砂砾岩和云质岩,是一套优质储层。

### 3.3. 生储盖组合

风城组大部分为封闭的碱性湖泊相,外源粗碎屑来源于西准噶尔山,沉积于凹陷西部。玛湖凹陷中心区域泥质岩厚度大、分布稳定,它们既是烃源岩,又是盖层。该组形成了两套区域盖层,一是风三段上部厚30~50 m的稳定湖相泥岩;二是风二段云质泥岩与含碱矿物的云质泥岩等,厚度一般大于350 m,封闭能力强,大部分常规油藏位于这两套区域盖层之下。

经过本次研究发现,风城组砂砾岩、云质细粒碎屑岩和火山岩储层在不同区域发育层段、规模均有不同,每段都可形成一套生储盖组合,只是其规模和空间分布有所差异,不一定在一个区内有完整的发育。风一段在凹陷中心区以生油岩为主,在北部则主要为火山岩。风二段在凹陷中心区为主要的源岩层和盖层,而在玛南-玛西地区发育砂砾岩,北部有云质岩致密储层,厚度较小。风三段横向上也有变化,凹陷中部为烃源岩、盖层,玛南-玛西地区发育砂砾岩储层,北部有云质岩砂岩致密储层。因此,风城组生储盖组合在某个区域往往是不连续的,横向上是变化的。

### 3.4. 油藏类型

#### 3.4.1. 原油物性特征

玛湖凹陷环带至凹陷中心区风城组油藏原油物性差异大,边缘-斜坡带为重-中质油,密度多为 $0.85\sim 0.91 \text{ g/cm}^3$ , $50^\circ\text{C}$ 时粘度为 $10\sim 1000 \text{ mpa}\cdot\text{s}$ 。斜坡带至凹陷区的玛南、百口泉地区多为中质油,密度 $0.83\sim 0.88 \text{ g/cm}^3$ , $50^\circ\text{C}$ 时粘度为 $10\sim 100 \text{ mpa}\cdot\text{s}$ 。该凹陷北部的风南至夏子街地区重质油占比较大,少量中质油。玛中至玛东地区仅有出油点,原油最轻。

#### 3.4.2. 常规油藏

风城组构造特征基本决定了其油藏类型,绝大部分油藏为与断裂相关的断层-地层型、断块及少量断鼻型、背斜型等,统计的17个油藏中断层-地层型占6个、断块型占4个、断鼻与背斜各占2个。风南、夏子街区油藏类型为构造型,主要有断鼻、背斜型,夏72井区背斜型油藏储量最大。玛南地区油藏类型主要为断层-地层、断层-岩性等类型,例如克81井区、白251井区油藏等均为断层-地层型(图5)。可见,构造对风城组油藏起着控制作用。

#### 3.4.3. 非常规油藏

风城组非常规油藏类型为致密油和页岩油,这两类油藏前人已做了较多的研究[23][24]。致密油藏为烃源岩层系内储集层与源岩相邻(侧向接触及纵向紧邻),近源油气聚集。烃源岩形成烃类往往发生过初次或者短距离二次运移,储集层岩性及空间多以颗粒间基质孔为主,油气赋存状态均呈现游离态[24]。这类油藏主要取决于储集层物性条件,基本是致密储集层。玛南地区是风城组典型致密油发育区,细、中、粗砂岩、含砾砂岩等与烃源岩频繁互层,烃源岩生成的烃类在高压作用下,直接进入与其互层的储集岩成藏。例如玛湖28井、玛湖49井等在风城组致密云质砂岩段均获得了商业油流,该区探明致密油地质储量约 $2.5 \times 10^8 \text{ t}$ 。





于生油灶内。从凹陷区页岩油藏向斜坡区过渡为源内近距离聚集型的致密油，再向浅处过渡为常规储层油藏，由深至浅风城组表现为大面积、全层系含油；同时，也可以称为“常规-非常规油藏有序共生”[24]。风城组有机质连续热演化提供了充足、成熟度不同的油源，储集层经过了从弱至强的成岩作用阶段，源岩排出的烃类能够形成源外的常规油藏，致密粗碎屑储层中不同热演化阶段的原油充注可形成致密油，而源岩层系内存在的中高成熟阶段细粒致密储集层中的原位聚集可形成页岩油。

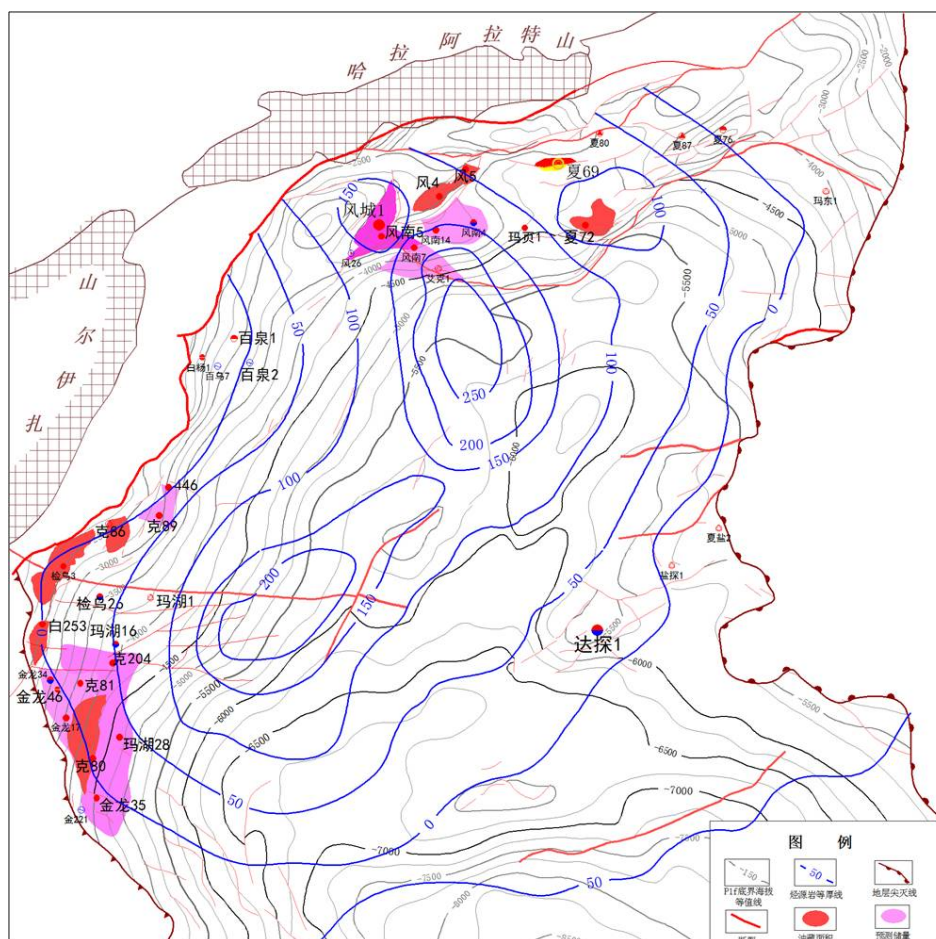


Figure 6. Thickness, structure and reservoir distribution of source rocks of Fengcheng formation in Mahu sag  
图 6. 玛湖凹陷风城组烃源岩厚度、构造与油藏分布

#### 4.2. 正向构造单元(凸起、断裂带、斜坡)控制着油藏分布

玛湖凹陷次一级正向构造主要有风南鼻隆、克-乌断裂带、乌-夏断裂带、玛南、玛西及玛东斜坡带，常规储层、部分致密储层油藏分布在这些正向构造上(图 6)。正向构造除风城组外的多个层系还汇集了油气，其储量远超风城组，显然构造对成藏起着重要的控制作用。

风南鼻隆位于风城组生油中心区，乌夏断裂及其派生断裂、不整合面及它们的有效组合构成运移通道，使其成为原油富集区。致密油不仅受储层甜点控制，还受构造控制，构造高部位产量普遍较高；同时，断裂控藏作用明显，油藏分布在其附近。

玛南斜坡上倾区风城组油藏同样受构造和岩性控制，构造作用大于岩性。斜坡上倾区发育多个大型断层-地层圈闭，已探明八区和白 25 井区等油藏。越向斜坡构造高部位，油气富集程度越高，表现为构

造高部位含水饱和度低、原油产量高。

### 4.3. 相对优质储层控制着油藏富集和高产

风城组三类储层均发育有效储层，储集性相差较大，优质、高效储层占比不高。油层赋存于既有构造、物性又好的储层，储集性越好产量越高。夏72井区熔结凝灰岩气孔发育，属高孔、中低渗储层，夏202井试油日产原油44.53 t。

风城组扇三角洲前缘亚相水下分流河道微相储层物性最好，为相对优质储集相带；平原亚相分流河道微相储层物性次之。埋深大于4000 m时，砂砾岩孔隙度多小于10%，渗透率大部分低于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。如果沸石类和碳酸盐胶结物含量在2%~7%时储层物性较好，而这两类胶结物含量小于2%或大于10%时，则储层物性明显变差[5]，因为它们它们是形成次生溶蚀孔的主要矿物载体。如白251井砂砾岩次生溶蚀孔占优势，孔隙度为12%，日产原油25.02 t。

与烃源岩互层的云质岩致密储层成藏明显受甜点控制，同时，构造对原油富集也起一定作用。云质岩类的油藏较多，为自生自储型，主要分布于风南鼻隆、玛南斜坡。甜点体原油产量高，大部分储层压裂改造后，产量明显增高，如风南5、风南14井等。甜点体位于优质烃源岩内，油源条件优越，叠加良好构造背景及裂隙发育带是其富集高产的主要原因[17]。

### 4.4. 成藏模式

由于玛湖凹陷不同区带的构造特征和样式不同，造就了风城组成藏具有多样性，共性是自生自储，油源充足，充注强度高。归纳其主要异同点，可分为两类成藏模式，一类是原地自生自储非常规油藏模式，包括源储一体的页岩油藏和源储互层式的致密油藏(图7)。烃类表现为初次运移或最短的二次运移，运移动力主要为源储压差及浮力，储层类型多样，主要为云质细粒沉积岩，这类油藏主要分布在斜坡区低部位-凹陷中心区。

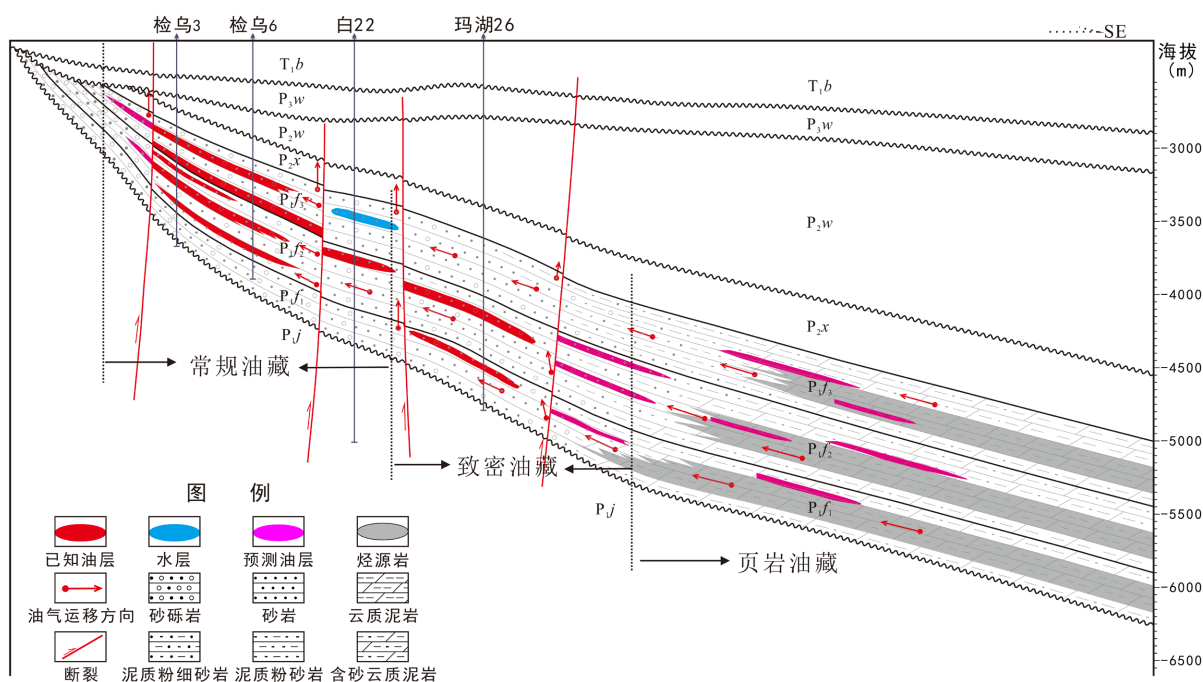


Figure 7. Fengcheng reservoir composition model in the south of Mahu sag

图7. 玛湖凹陷南部地区风城组成藏模式

另一类是异地生储常规油藏模式(图 7), 油源来自凹陷区风城组中晚侏罗世后生成的中等成熟原油与白垩纪后的高熟油。储层岩性复杂, 为与烃源岩不直接接触的异地砂砾岩、砂岩及玄武岩等, 储集性普遍较差, 渗透率多小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。运移体系为斜坡区储层、断裂及其组合, 断裂控油明显; 经过二次运移或调整, 以油水浮力为运移动力。断裂带下盘的断块与斜坡平台区聚油条件较好, 存在连续多期成藏。玛南 - 玛西斜坡区风城组成藏属于这类模式。

## 5. 有利勘探目标区预测

环玛湖凹陷石油总资源量为  $46.66 \times 10^8 \text{ t}$ , 天然气总资源量  $2238 \times 10^8 \text{ m}^3$  [15], 目前已发现的总油气储量小于  $22 \times 10^8 \text{ t}$ , 还有较大的资源潜力。玛南斜坡 - 百口泉一带风城组砂砾岩厚度大, 上倾方向有克 - 百断裂遮挡, 下倾方向有自身充足油源供给; 上覆夏子街组与下伏佳木河组都很致密, 可做为区域盖层, 油气成藏条件较好(图 7)。砂砾岩非均质性强, 储集性相对好的储层富集油气, 致密层可作为直接盖层。此区域风城组仍具有勘探潜力, 斜坡上的平缓区应是致密油藏的重点目标区。

风南鼻隆区有多口井风城组烃源岩夹层云质粉砂岩获得工业油流, 有 4 个区块页岩油藏提交了预测储量, 预测甜点区分布面积约  $80 \text{ km}^2$ , 厚度为  $150 \sim 200 \text{ m}$ , 埋深约为  $4800 \sim 6600 \text{ m}$  [17]。玛页 1 井风城组页岩油勘探的突破, 展示了该区页岩油具有较好的勘探前景。

玛湖凹陷发育玛北、玛湖和玛南等以风城组为主的二叠系构造圈闭, 单个面积多大于  $50 \text{ km}^2$ , 埋深超过  $5000 \text{ m}$ , 圈闭类型好, 层数较多, 背斜型圈闭可靠程度高(表 1)。构造位置有利, 生、储岩直接相邻, 断裂、不整合面作为运移通道, 油气源充足, 既可形成原地自生自储的油气藏, 又有异地油气充注。储层主要是溶蚀孔 - 裂缝型的云质岩, 其次可能有熔结凝灰岩, 此外, 其上覆地层还有多套储盖组合。总之, 风城组既可能形成常规油气藏, 又具备非常油气藏形成条件, 所以它们是寻找深层油气有利勘探目标。

**Table 1.** Data of anticline trap elements in Mahu sag

**表 1.** 玛湖凹陷背斜型圈闭要素数据

构造带	圈闭	圈层	面积 $\text{km}^2$	闭合度 m	高点埋深 m
达巴松背斜带	达 1 井背斜	$P_1f$	63	280	5620
		$P_2x$	54	250	5360
	玛湖南背斜	$P_{1j}$	177	300	6700
		$P_1f$	137	300	6600
玛湖背斜带	玛湖北背斜	$P_1f$	22	50	5700
		$P_2x$	56	50	4700
	玛湖背斜	$P_{1j}$	221	300	6000
		$P_1f$	76	300	5850
		$P_2x$	53	550	5500

## 6. 结论

1) 风城组不仅发育优质烃源岩, 还发育云质砂砾岩、云质细粒岩与火山岩三类储层, 前两者主体为致密储层, 局部发育相对优质储层。砂砾岩孔隙类型主要有溶蚀孔隙、残余粒间孔等, 云质岩甜点体溶蚀孔、洞和裂缝相对发育, 熔结凝灰岩与玄武岩有残留气孔, 储集性较好。

2) 风城组常规油藏类型主要为构造型、其次为断层-地层复合型,非常规油藏有致密油和页岩油。凹陷中西部油藏数量最多且储量大,东部斜坡区油藏少。常规油藏和致密型油藏均分布于鼻隆、断裂带下盘及斜坡区等,页岩油主要分布于斜坡下倾区至凹陷区,相对优质储层控制着原油富集和高产。

3) 玛南斜坡-百口泉一带风城组油源充足,属于异地生储致密油成藏模式,勘探潜力较大。玛北地区风城组存在原地自生自储式页岩油成藏模式,云质岩次生溶孔及裂缝等较发育,是勘探的重要区块。玛北、玛湖和玛南构造圈闭是寻找深层多种类型油气藏的有利目标。

## 参考文献

- [1] 金之钧. 叠合盆地油气成藏体系研究思路与方法——以准噶尔盆地中部地区油气藏为例[J]. 高校地质学报, 2011, 17(2): 161-169.
- [2] Cao, J., Yao, S.P., Jin, Z.J., *et al.* (2006) Petroleum Migration and Mixing in NW Junggar Basin (NW China): Constraints from Oil-Bearing Fluid Inclusion Analyses. *Organic Geochemistry*, 37, 827-846. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2006.02.003>
- [3] 匡立春, 唐勇, 雷德文, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷斜坡区三叠系百口泉组扇控大面积岩性油藏勘探实践[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(6): 14-23.
- [4] 雷德文, 陈刚强, 刘海磊, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷大油(气)区形成条件与勘探方向研究[J]. 地质学报, 2017, 91(7): 1604-1619.
- [5] 陈萍, 张玲, 王惠民, 等. 准噶尔盆地油气储量增长趋势与潜力分析[J]. 石油实验地质, 2015, 37(1): 48-53, 124-128.
- [6] 李学良, 张奎华, 林会喜, 等. 准噶尔盆地西北缘二叠系风城组储层发育特征及油气富集因素[J]. 特种油气藏, 2019, 26(1): 27-44.
- [7] 鲁新川, 孔玉华, 常娟, 等. 准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系风城组砂砾岩储层特征及主控因素分析[J]. 天然气地质学, 2012, 23(3): 474-480.
- [8] 张元元, 李威, 唐文斌, 等. 玛湖凹陷风城组碱湖烃源岩发育的构造背景和形成环境[J]. 新疆石油地质, 2018, 39(1): 48-53.
- [9] 匡立春, 唐勇, 雷德文, 等. 准噶尔盆地二叠系咸化湖相云质岩致密油形成条件与勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(6): 657-667.
- [10] 王小军, 王婷婷, 曹剑, 等. 玛湖凹陷风城组碱湖烃源岩基本特征及其高效生烃[J]. 新疆石油地质, 2018, 39(1): 10-14.
- [11] 支东明, 曹剑, 向宝力, 等. 玛湖凹陷风城组碱湖烃源岩生烃机理及资源量新认识[J]. 新疆石油地质, 2016, 37(5): 499-505.
- [12] 陈建平, 王绪龙, 邓春萍, 等. 准噶尔盆地油气源、油气分布与油气系统[J]. 地质学报, 2016, 91(3): 421-450.
- [13] 管树巍, 李本亮, 侯连华, 等. 准噶尔盆地西北缘下盘掩伏构造油气勘探新领域[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(1): 17-22.
- [14] 何登发. 不整合面的结构与油气聚集[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(2): 142-149.
- [15] 冯有良, 张义杰, 王瑞菊, 等. 准噶尔盆地西北缘风城组白云岩成因及油气富集因素[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6): 685-691.
- [16] 郭建钢, 赵小莉, 刘巍, 等. 乌儿禾地区风城组白云岩储集层成因及分布[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(6): 699-701.
- [17] 张志杰, 袁选俊, 汪梦诗, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷二叠系风城组碱湖沉积特征与古环境演化[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(6): 972-983.
- [18] 汪梦诗, 张志杰, 周川闽, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷下二叠统风城组碱湖岩石特征与成因[J]. 古地理学报, 2018, 20(1): 147-162.
- [19] Deocampo, D.M. and Renaut, R.W. (2016) *Geochemistry of African Soda Lakes*. Springer International Publishing, Berlin, 77-95. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28622-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28622-8_4)
- [20] 曹剑, 雷德文, 李玉文, 等. 古老碱湖优质烃源岩: 准噶尔盆地二叠统风城组[J]. 石油学报, 2015, 36(7): 781-790.

- 
- [21] 刘得光, 周路, 李世宏, 等. 玛湖凹陷风城组烃源岩特征与生烃模式[J]. 沉积学报, 2020, 38(5): 946-953.
- [22] 陈磊, 丁靖, 潘伟卿, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷西斜坡二叠系风城组云质岩优质储层特征及控制因素[J]. 中国石油勘探, 2012, 3(8): 8-11.
- [23] 支东明, 唐勇, 郑孟林, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷风城组页岩油藏地质特征与成藏控制因素[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(5): 615-622.
- [24] 支东明, 唐勇, 何文军, 等. 玛湖凹陷下二叠统风城组常规-非常规油气有序共生与全油气系统成藏模式[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(1): 1-13.