

# 银额盆地查干凹陷基底岩性特征及勘探方向探讨

万涛

中国石化中原油田物探研究院, 河南 濮阳  
Email: zywantao@163.com

收稿日期: 2021年8月6日; 录用日期: 2021年8月30日; 发布日期: 2021年9月6日

## 摘要

近年来银额盆地拐子湖凹陷拐6井基底大理岩缝洞型储层试油获高产, 吉格达凹陷蒙额参3井基底花岗岩裂缝型储层试油获工业油流, 为查干凹陷潜山油气藏的勘探指明了方向, 寻找基底缝洞型储层成为查干凹陷潜山勘探的关键因素。基于基底岩心薄片鉴定和测井资料, 明确了查干凹陷发育变质岩基底, 已发现变质玄武岩、蛇纹石化橄榄岩、板岩、变质砂岩和片麻岩五种岩性, 不同岩性在密度、声波、伽马和深感应曲线上具有明显差异。对比周边野外露头剖面 and 邻区白云凹陷白云1井钻探情况, 认为查干凹陷基底地层归属石炭系阿木山组一段。结合地层倾角测井资料, 明确基底为北东走向, 意4井西北方向发育阿木山组一段上部地层, 以板岩为主, 夹变质砂岩。位于毛西断层上升盘的毛墩次凸主要发育片麻岩。毛西断层意4井东南方向至毛西断层发育阿木山组一段下部地层, 为大理岩与变质火山岩互层, 为基底有利储层发育区, 位于毛西断层下降盘的乌力吉构造带为查干凹陷潜山勘探有利区。

## 关键词

变质岩基底, 大理岩, 变质火山岩, 薄片鉴定, 潜山油气藏, 查干凹陷, 银额盆地

# Discussion on the Basement Lithological Characteristics and Exploration Targets of Chagan Depression in Yingen-Ejinaqi Basin

Tao Wan

Institute of Geophysical Exploration, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang Henan  
Email: zywantao@163.com

Received: Aug. 6<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 6<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In recent years, high production was obtained in the fracture-cavern marble reservoir of well Guai 6 in the Guaizihu depression of Yingen-Ejinaqi basin and industrial production was obtained in the Granite reservoir of well Meng'ecan 3 in the Jigeda depression of Yingen-Ejinaqi basin, which indicated the direction for the hydrocarbon exploration of buried hill reservoirs in Chagan depression, and the key point in buried hill exploration was looking for high-quality reservoir of fracture-cavern reservoir. Based on the core thin section identification and logging data, the metamorphic rock basement of Chagan depression was defined. Five lithologies of metamorphic basalt, serpentized peridotite, slate, metamorphic sandstone and gneiss had been found, which were typical of density, acoustic, gamma and depth response curves. Compared to the outcrop profile of the surrounding field and the drilling situation of well Baiyun 1 in the Baiyun depression of the adjacent area, it was believed that the basement strata in Chagan depression belong to the first member of the Amushan formation, Carboniferous. Combined with diplog data, it was clear that the basement is NNE strike. Based on the above analysis, it is predicted that the upper of the first member of the Amushan formation developed in the west-north of well Yi 4 of the western sag in Chagan depression, and the main lithological was slate, mixed with metamorphic sandstone. And in the rising wall of Maoxi fault, gneiss had been found in the Maodun sub-bulge. The bottom of the first member of the Amushan formation was developed in the Wuliji tectonic belt between the east-south of well Yi 4 and Maodun sub-bulge, and the lithological was marble and metamorphic basalt. In Chagan depression, the Wuliji structural in the descending wall of Maoxi fault was a favorable exploration area for buried hill because of the favorable reservoir.

## Keywords

Metamorphic Basement, Marble, Metamorphic Volcanic Rocks, Thin Sections Identification, Buried Hill Reservoir, Chagan Depression, Yingen-Ejinaqi Basin

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

1975 年任丘潜山油气藏的发现掀起了潜山油气藏勘探的高潮[1], 近年来, 潜山油气勘探再次取得重大突破, 如 2010 年牛东 1 井在霸县凹陷发现大于 6000 m 超深层潜山高温油气藏[2], 2017 年渤中 19-6 井在渤海海域发现太古界变质岩大型特高含凝析油凝析气藏[3], 潜山油气勘探呈现良好勘探前景。前人研究表明, 潜山油气成藏条件与所处的区域应力场环境、油气源条件、油气运移通道、断层封堵以及储集空间密切相关[4] [5]。

银额盆地是中国内陆勘探程度最低的一个盆地[6], 近年来, 银额盆地潜山勘探也取得积极进展, 特别是拐子湖凹陷拐 6 井基底大理岩缝洞型储层常规试油获日产油 211 方, 气 10.7 万方的高产油气流, 吉格达凹陷蒙额参 3 井基底花岗岩裂缝型储层压裂试油获日产油 6 方的工业油流, 展现出银额盆地潜山良好的勘探前景, 对银额盆地其它凹陷的勘探具有重要指示意义。查干凹陷与拐子湖凹陷、吉格达凹陷同属银额盆地, 目前是银额盆地内勘探程度最高的凹陷, 分为东部次凹、西部次凹和毛敦凸起三个构造单元, 目前勘探主体位于西部次凹, 中生界为主要含油气层系[7] [8], 发现吉祥、如意两个油田(图 1)。由于在潜山

勘探中未发现有效储层和良好油气显示,前人未对查干凹陷基底岩相组合和勘探潜力进行系统研究。

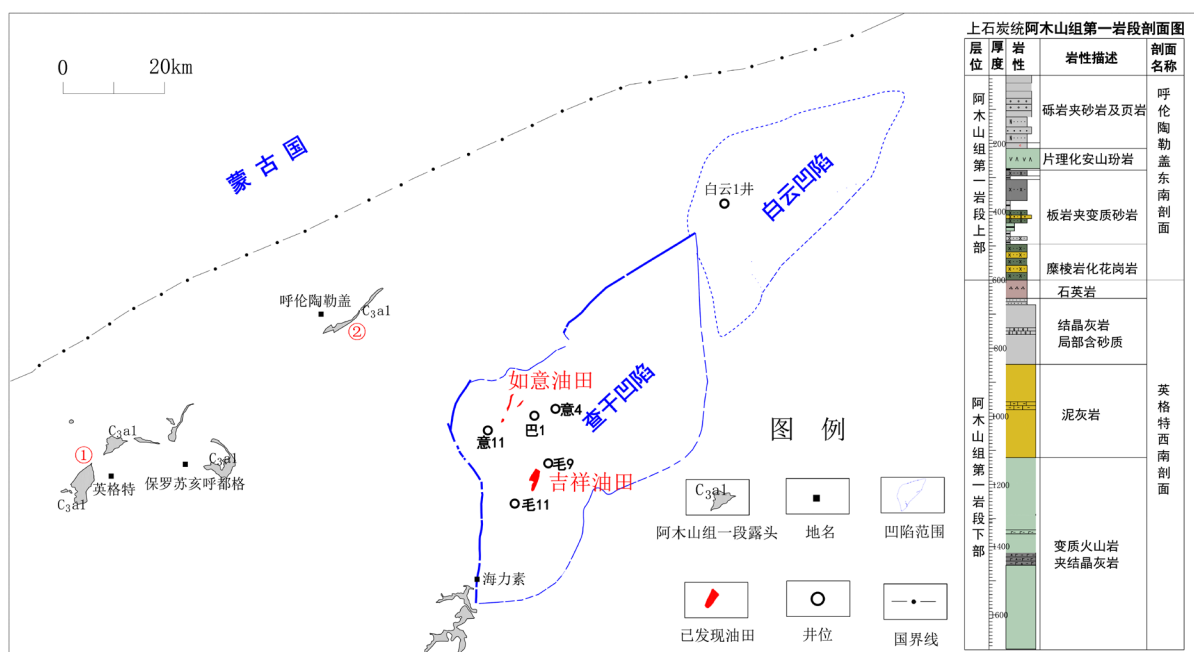
目前查干凹陷对基岩的勘探和认识程度低[9],仅有11口井揭示前中生界地层,已发现板岩、变质砂岩、变质玄武岩、蛇纹石化橄榄岩和片麻岩,能否找到基底大理岩缝洞型储层成为查干凹陷潜山勘探的关键因素。笔者以查干凹陷基底为研究对象,在岩心观察、薄片鉴定、测井分析的基础上,建立基底岩性-电性图版,利用地层倾角资料,明确了基底地层走向。结合查干凹陷周边野外露头资料和邻区白云凹陷白云1井钻探情况,明确了基底地层归属和岩性组合特征,预测了大理岩储层发育区,以期查干凹陷潜山油气藏的勘探部署提供依据,同时为银额盆地潜山油气藏的勘探提供借鉴意义。

## 2. 查干凹陷周围露头特征及邻区白云凹陷白云1井钻探情况

查干凹陷周围出露地层由老到新有中元古界( $P_2$ )、上石炭统( $C_3$ )、下白垩统( $K_1$ )、上白垩统( $K_2$ )、下中更新统( $Q_{1-2}$ )、全新统( $Q_4$ ),其中上白垩统与全新统分布最广,上石炭统和下白垩统次之。从出露地层的岩性组合上来看,目前只在阿木山组一段发现变质火山岩,与查干凹陷意4井钻遇基底岩性相似。

阿木山组一段( $C_{3a}^1$ )露头主要在查干凹陷西部,分布范围在英格特以北及西南地区、呼伦陶勒盖东南、海力素西南、保罗苏亥呼都格以东(图1)。

出露地层呈北东-南西走向延伸,向北延入蒙古人民共和国境内。阿木山组一段地层上部以碎屑岩为主,下部为碳酸盐岩与基性和中基性火山岩互层。岩石具轻微区域变质特征,灰岩多呈结晶灰岩,碎屑岩呈板岩或千枚状板岩、变质砂岩。原岩面貌清楚,化石保存尚好。阿木山组一段出露地层零星,岩性、岩相、沉积厚度变化较大,如基性、中基性火山岩在英格特西南出露很多,而在东部呼伦陶勒盖一带则很少,说明当时火山活动西强东弱;又如碳酸盐岩在西部英格特以北有红色、灰色、灰白色、白色、灰紫色各色岩石,沿走向延伸不远,即行尖灭,甚至呈团块状出现,不含化石,而东部仅见灰色结晶灰岩透镜体,且含丰富化石。证明当时西部地壳活动,东部基本处于稳定状态,西部海水深于东部海水,西部为浅海相的碎屑岩-碳酸盐岩-火山岩建造,东部为滨海相的碎屑岩建造[10][11]。



1、英格特西南上石炭统阿木山组第一岩段下部( $C_{3a}^1$ ); 2、呼伦陶勒盖东南阿木山组第一岩段上部( $C_{3a}^1$ )

Figure 1. Distribution of  $C_{3a}^1$  outcrop around the Chagan depression

图1. 查干凹陷周边阿木山组一段地层露头位置示意图

根据褶皱构造分析和分布的特点来看,英格特一带的上石炭统为第一岩段下部层位,呼伦陶勒盖一带出露的上石炭统为第一岩段上部层位,前者以英格特西南剖面为例,后者以呼伦陶勒盖东南剖面为例(图 1):英格特西南上石炭统阿木山组一段下部剖面岩性组合为:花岗岩侵入体→变质火山岩与灰岩互层→变质火山岩→灰岩→砂岩。呼伦陶勒盖上石炭统阿木山组一段上部剖面岩性组合为:板岩夹变质砂岩→片理化安山玢岩→细砂岩夹砾岩→砾岩夹砂岩及页岩。白云凹陷与查干凹陷同属银额盆地查干德勒苏坳陷(图 1),近期在白云凹陷钻探的白云 1 井揭示前中生界地层 1208 m,揭示片状大理岩 1031 m,变质玄武岩 120 m,变余辉绿岩 57 m,岩性组合与英格特西南上石炭统阿木山组一段下部野外露头剖面相似。从区域地质特点上分析,查干凹陷的基底地层归属为石炭系阿木山组。

### 3. 查干凹陷钻井揭示的基底岩性 - 电性特征

目前查干凹陷有 11 口井钻遇基底,9 口井有取心资料,根据薄片鉴定结果,已发现板岩、变质玄武岩、变质砂岩、片麻岩和蛇纹石化橄榄岩五种岩性。

板岩(图 2-a、图 2-g):岩石由泥质 38%、石英及长石碎屑 20%,方解石微晶 15%、白云石微晶 10%、云母 10%,绿泥石 7%组成,具变余微层理构造,细微裂缝较发育,部分被方解石脉充填,为泥质粉砂岩经过轻微变质形成。

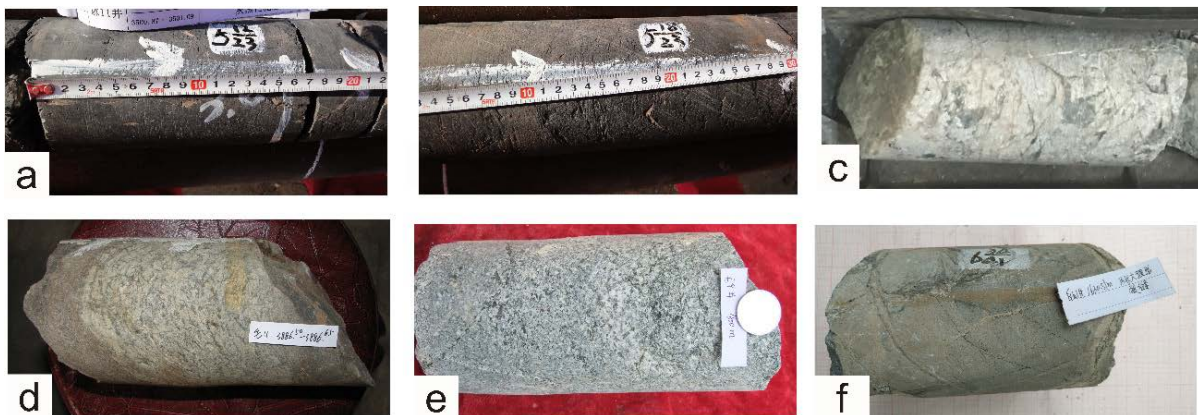
变质砂岩(图 2-b、图 2-h):岩石主要由石英晶体、硅质晶体(52%)、长石晶体(33%)及黑云母(15%)构成,石英晶体之间呈紧密镶嵌状接触,硅质晶体重结晶充填于粒间孔隙中,黑云母呈针柱状充填于石英及长石颗粒之间。

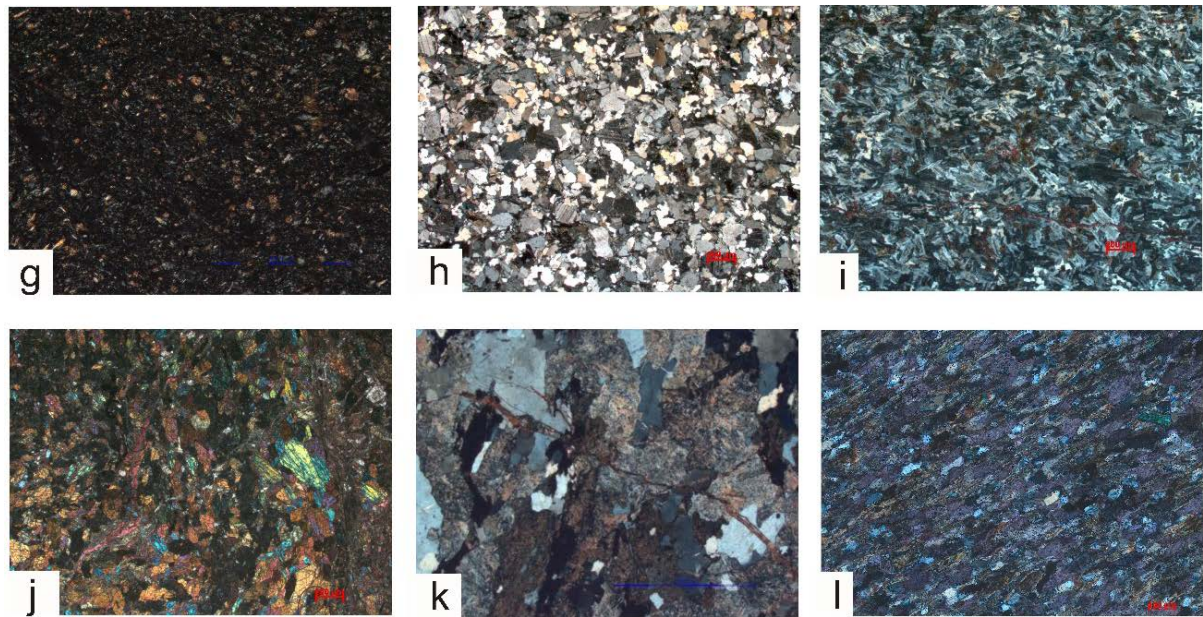
变质玄武岩(图 2-c、图 2-i):岩石主要由斜长石晶体(85%),硅质(5%)及部分绿泥石构成,斜长石晶体呈板柱状晶形,具净化边结构,硅质重结晶充填于长石晶体晶间孔隙中,暗色矿物发生蚀变绿泥石化,片中见绿泥石及方解石晶体充填于裂缝中。

蛇纹石化橄榄岩(图 2-d、图 2-j):岩石主要由橄榄石晶体构成,橄榄石晶体呈粒状,表面裂纹发育,部分橄榄石晶体表面雾化,岩石局部蛇纹石化较为强烈,片中见蛇纹石化条带,部分方解石晶体呈斑块状分布,见方解石晶体充填于裂缝中。

片麻岩(图 2-e、图 2-k):毛 9 井,1600.8 m,片麻岩。岩石由长石 45%,石英 40%,云母 10%及绿泥石 5%组成,中粗粒鳞片变晶结构,条带状构造,微裂缝中见方解石充填。

查干凹陷目前尚未在基底发现大理岩缝洞型储层,但邻区白云凹陷白云 1 井已揭示片状大理岩(图 2-f、图 2-l):呈片状、粒状变晶结构,主要由方解石(63%)、黑云母(20%),粉砂级碎屑颗粒(12%)和少量黄铁矿(5%)组成,大量片状黑云母呈定向排列。





a.意 11 井, 3500.87~3501.09 m, 板岩; b.意 11 井, 3502.62~3502.97m, 变质砂岩; c.意 4 井, 1937.88~1938.00 m, 变质玄武岩; d.毛 11 井, 3886.50~3886.65 m, 蛇纹石化橄榄岩; e.毛 9 井, 1600.00~1600.22 m, 片麻岩; f.白云 1 井, 1630.51~1630.55, 片状大理岩; g.意 11 井, 3501 m, 板岩; h.意 11 井, 3922 m, 变质砂岩; i.意 4 井, 1936.03 m, 变质玄武岩; j.毛 11 井, 3919.2 m, 蛇纹石化橄榄岩; k.毛 9 井, 1600.8 m, 片麻岩; l.邻区白云 1 井, 1630.04 m, 片状大理岩

Figure 2. Typical lithologic map of the basement in the Chagan and Baiyun depression

图 2. 查干凹陷和白云凹陷基底岩性图版

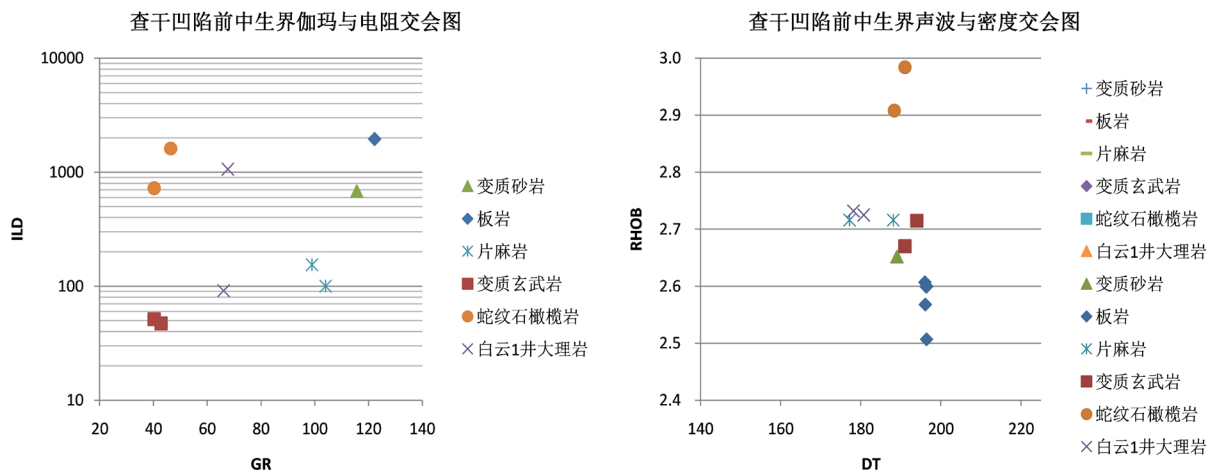


Figure 3. Electrical chart of the basement in the Chagan and Baiyun depression

图 3. 查干凹陷和白云凹陷基底岩性 - 电性图版

在薄片鉴定的基础上, 结合测井曲线, 建立查干凹陷和白云凹陷基底岩性 - 电性识别图版(图 3)。应用伽马曲线和密度曲线可以区分变质玄武岩、蛇纹石橄榄岩和板岩: 变质玄武岩和蛇纹石橄榄岩具有低伽马( $\leq 50$  API)特征, 蛇纹石橄榄岩具有最大的密度值( $> 2.9 \text{ g/cm}^3$ ); 板岩具有最小的密度值( $< 2.63 \text{ g/cm}^3$ )和最大的伽马值( $\geq 120$  API)。片麻岩和变质砂岩具有中等偏高的伽马值(90~115 API), 应用深电阻曲线可以区分片麻岩和变质砂岩, 片麻岩深电阻率一般小于  $200 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ , 变质砂岩深电阻率  $> 600 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ 。

邻区白云 1 井大理岩的密度曲线特征与片麻岩和变质玄武岩相近, 具有中等伽马(60~80 API)特征。

### 4. 基底岩相分布及有利勘探区探讨

查干凹陷9口探井有基底地层倾角测井资料,揭示基底地层以北东走向为主,倾向南东或北西(图4),表明基底为一北东走向的褶皱基底,与查干凹陷周边出露地层走向基本一致。

根据查干凹陷基底钻探情况和电性识别图版,重新落实基底岩性及分布特征:凹陷西部的6口井(意18、意22、意11、意6、查参1、巴1井)以灰色、灰黑色板岩为主,夹灰色变质砂岩(图2-a,图2-b,图2-g,图2-h)。位于毛墩次凸之上的3口井(毛2、毛9、吉6井)钻遇片麻岩(图2-e,图2-k),为侵入岩体。临近毛墩次凸的2口井(意4、毛11井)揭示地层少,但已见变质火成岩(图2-c,图2-i);意4井揭示前中生界地层57m,其中板岩23m,变质玄武岩34m;毛11井仅钻遇前中生界地层15m,为蛇纹石橄榄岩(图2-d,图2-j)。

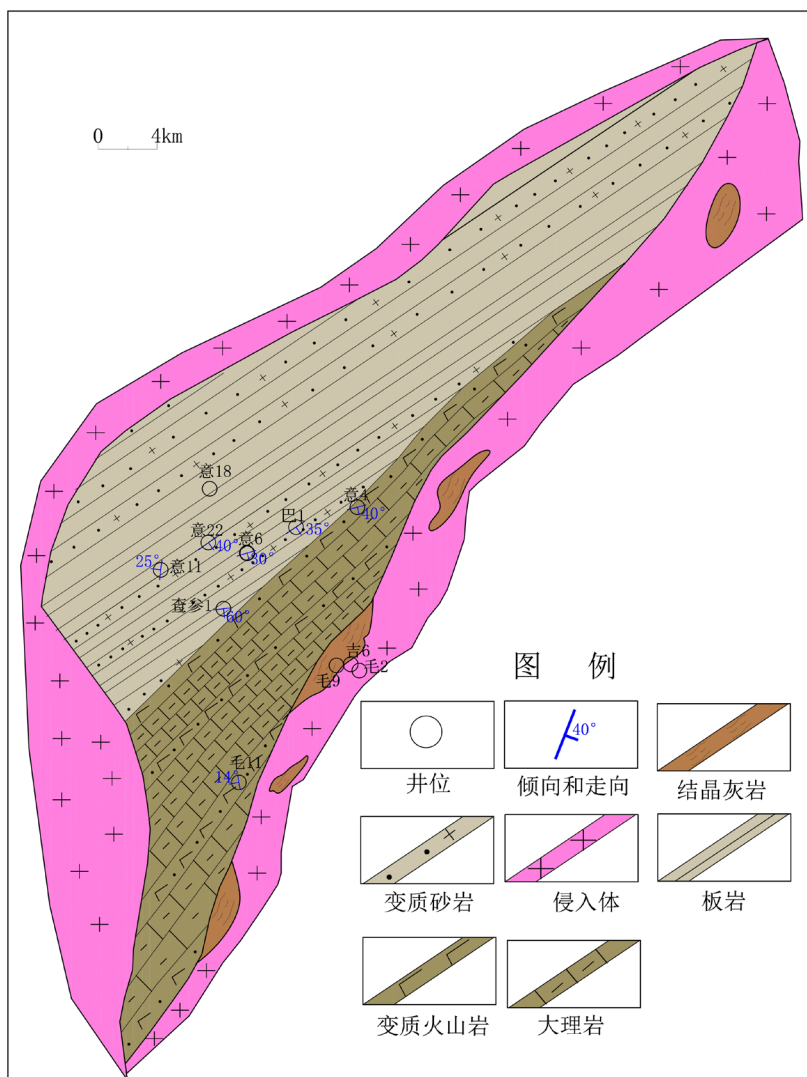


Figure 4. Top view of Pre-mesozoic lithologic distribution in the Chagan depression  
图4. 查干凹陷前中生界岩性展布俯视图

根据查干凹陷地层倾角资料和钻井揭示情况,周边野外露头 and 邻区白云凹陷白云1井基底钻探情况,推测西部次凹意4井西北方向为石炭系阿木山组一段上部地层,与呼伦陶勒盖东南出露的地层相似,以

板岩为主，夹变质砂岩。意4井东南方向至毛墩次凸，意4、毛11井揭示地层厚度少，已发现变质火山岩，预测紧邻毛墩次凸的乌力吉构造带岩性特征与白云1井类似，推测为阿木山组一段下部地层，以大理岩为主，夹变质火山岩(图4)。毛墩次凸发育片麻岩。

乌力吉构造带是目前查干凹陷两个重要的含油气区带之一[12]，在中生界白垩系巴音戈壁组、苏红图组和银根组探明石油地质储量631万吨，巴音戈壁组暗色泥岩为主力烃源岩，供烃条件优越[13][14][15]。乌力吉构造带基底发育一系列残丘山、断块山圈闭，预测发育大理岩缝洞型优质储层，与巴音戈壁组烃源岩具有良好的源储配置关系(图5)，后期构造活动弱，保存条件好[16][17]，具备形成中生古储油气藏的条件，为查干凹陷潜山勘探有利区。

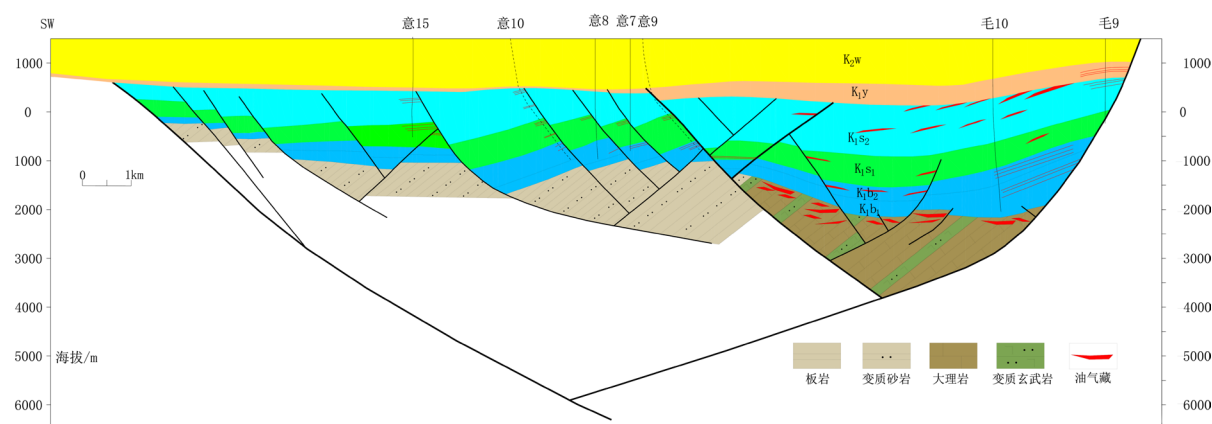


Figure 5. The hydrocarbon enrichment pattern of Chagan depression

图5. 查干凹陷油气富集模式图

## 5. 结论

1) 查干凹陷11口井钻遇基底，已发现板岩、变质玄武岩、变质砂岩、片麻岩和蛇纹石化橄榄岩五种岩性。应用伽马曲线和密度曲线可以区分变质玄武岩、蛇纹石橄榄岩和板岩：变质玄武岩和蛇纹石橄榄岩具有低伽马( $\leq 50$  API)特征，蛇纹石橄榄岩具有最大的密度值( $> 2.9 \text{ g/cm}^3$ )；板岩具有最小的密度值( $< 2.63 \text{ g/cm}^3$ )和最大的伽马值( $\geq 120$  API)。片麻岩和变质砂岩具有中等偏高的伽马值(90~115 API)，应用深电阻曲线可以区分片麻岩和变质砂岩：片麻岩深电阻率一般小于  $200 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ ，变质砂岩深电阻率  $> 600 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ 。邻区白云1井大理岩具有中等伽马(60~80 API)的特征。

2) 根据查干凹陷地层倾角资料和钻井揭示情况，结合周边野外露头 and 邻区白云凹陷白云1井基底钻探情况，推测西部次凹意4井西北方向为石炭系阿木山组一段上部地层，与呼伦陶勒盖东南出露的地层相似，以板岩为主，夹变质砂岩。意4井东南方向至毛墩次凸的岩性特征与英格特西南出露的地层及邻区白云凹陷白云1井揭示的基底岩性相似，为阿木山组一段下部地层，以大理岩为主，夹变质火山岩。研究区意4、毛11井揭示地层厚度少，已发现变质火山岩，预测紧邻毛墩次凸的乌力吉构造带发育大理岩。

3) 乌力吉构造带基底发育一系列残丘山、断块山圈闭，中生界白垩系巴音戈壁组烃源岩与上古生界石炭系阿木山组大理岩缝洞型储层具有良好的源储配置关系，后期构造活动弱，保存条件好，具备形成中生古储油气藏的条件，为查干凹陷潜山勘探有利区。

## 基金项目

中国石化重点攻关项目“银额盆地拐子湖地区油气成藏主控因素与有利目标评价”(P19022-1)资助。

## 参考文献

- [1] 蒋有录, 叶涛, 张善文, 刘华. 渤海湾盆地潜山油气富集特征与主控因素[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2015, 39(3): 20-29.
- [2] 赵贤正, 金凤鸣, 王权, 张锐锋, 王静, 白旭明, 等. 渤海湾盆地牛东 1 超深潜山高温油气藏的发现及其意义[J]. 石油学报, 2011, 32(6): 915-927.
- [3] 徐长贵, 于海波, 王军, 刘晓健. 渤海海域渤中 19-6 大型凝析气田形成条件与成藏特征[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(1): 25-38.
- [4] 高平, 姜素华, 王志英. 济阳坳陷潜山油藏形成机理与成藏模式[J]. 海洋地质动态, 2009, 25(3): 1-6.
- [5] 宋明水, 王惠勇, 张云银. 济阳坳陷潜山“挤-拉-滑”成山机制及油气藏类型划分[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26(4): 1-8.
- [6] 陈建平, 何忠华, 魏志彬, 王东良, 秦建中, 国建英. 银额盆地查干凹陷基本生油条件研究[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 23-27.
- [7] 王惠民, 靳涛, 高志前, 杨红霞. 查干凹陷碎屑岩储集层特征及有利区带预测[J]. 新疆石油天然气, 2005, 1(1): 43-47.
- [8] 王生朗, 史朋, 张放东, 齐仁理. 查干凹陷油气地质特征与勘探发现[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(3): 108-115.
- [9] 陈登超. 内蒙古银根-额济纳旗及邻区石炭-二叠系层序地层与油气地质条件初步预测[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2010: 8-96.
- [10] 杨飞, 徐守余. 全球基岩油气藏分布及成藏规律[J]. 特种油气藏, 2011, 18(1): 7-11.
- [11] 韩伟, 刘溪, 李金超, 史冀忠. 内蒙古乌拉特后旗乌兰敖包地区石炭系-二叠系阿木山组沉积环境[J]. 地质通报, 2012, 31(10): 1684-1691.
- [12] 徐会永. 查干凹陷下白垩统层序地层及油气成藏特征研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2008: 6-120.
- [13] 王朋, 柳广弟, 曹喆, 苏惠, 常俊合. 查干凹陷下白垩统有效烃源岩识别及其控藏作用[J]. 岩性油气藏, 2015, 27(2): 18-25.
- [14] 左银辉, 张旺, 李兆影, 李佳蔚, 郝情情, 胡杰. 查干凹陷中、新生代构造-热演化史[J]. 地球物理学报, 2015, 58(7): 2366-2379.
- [15] 左银辉, 马维民, 邓己寻, 郝情情, 李新军, 郭俊梅, 等. 查干凹陷中、新生代热史及烃源岩热演化[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(3): 553-560.
- [16] 杨国臣, 焦大庆, 肖斌, 陈明权, 刘建军, 王彦丽. 内蒙古银额盆地查干凹陷构造-层序-沉积特征、盆地原型及其成因机制[J]. 古地理学报, 2013, 15(3): 305-316.
- [17] 王生朗, 马维民, 竺知新, 尚雅珍. 银根-额济纳旗盆地查干凹陷构造-沉积格架与油气勘探方向[J]. 石油实验地质, 2002, 24(4): 296-300.