

# 伊犁盆地石炭系石油地质特征与勘探潜力

李玉文<sup>1,2</sup>, 余朝丰<sup>1,2</sup>, 熊绍云<sup>1,2</sup>, 陈能贵<sup>1,2</sup>, 瞿建华<sup>3</sup>

(1 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储层重点实验室; 2 中国石油杭州地质研究院)

(3 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院)

**摘要** 野外剖面资料与已钻探井资料分析表明,伊犁盆地石炭系超覆于前石炭系变质基底上,层序齐全,厚度较大。共划分为五个地层组,包括下统的大哈拉罕山组、阿克沙克组,上统的伊什基里克组、东图津河组以及科古琴山组。石炭系中发育泥质岩和碳酸盐岩两类烃源岩,以碳酸盐岩为主,主要发育在阿克沙克组和东图津河组。烃源岩有机碳丰度较好,主体属于较好—好烃源岩;有机质类型主要为Ⅱ<sub>2</sub>—Ⅲ型;热演化程度较高,属于高成熟—过成熟阶段。共发育三个生油层段,可构成三套生储盖组合。综合分析认为伊犁盆地石炭系具有较好的油气勘探潜力,主要目的层位是阿克沙克组,南部坳陷带是较有利的勘探区。

**关键词** 烃源岩; 储集岩; 有机质丰度; 勘探潜力; 石炭系; 伊犁盆地

**中图分类号**: TE122.11 **文献标识码**: A

伊犁盆地的油气调查工作是从1958年开始的,当时的新疆石油管理局独山子矿务局曾派人对伊犁盆地的含油气情况进行了解。1959年,中科院兰州地质研究所在该地区进行了石油地质调查工作。此后,中国石油新疆石油管理局和原地质矿产部西北石油地质局断续在伊犁盆地做过一些地面工作。1987—1990年新疆石油管理局在伊宁凹陷进行了地震勘探工作,1988年1月22日第一口井——伊参1井开钻,于4541m处见到良好油气显示。1994年,中原石油勘探局开始在伊犁盆地进行勘探,1995—2002年先后在伊宁凹陷钻井6口。截至目前,在北部坳陷共钻探井8口,有两口井分别在三叠系顶部和上二叠统获得低产油气,其他部分钻井见油气显示。原苏联在潘菲洛夫凹陷(伊宁凹陷的西延部分)钻探的20余口井中,10余口井见不同程度的天然气显示,层位为三叠系—新近系。同时在伊犁盆地的石炭系碳酸盐岩中亦发现大量油气显示<sup>[1-2]</sup>,展示了盆地的良好前景,但经多年研究仍未获工业油气流,这也说明伊犁盆地油气地质条件相当复杂。以往的研究和勘探主要集中在北部坳陷带的伊宁凹陷,主要目的层位是二叠系及以上

地层,对石炭系研究较少,这中间也有将石炭系作为伊犁盆地的褶皱基底来描述和讨论的<sup>[3]</sup>。笔者通过2009年和2010年两次野外调查后认为,把石炭系作为伊犁盆地的基底可能不妥。石炭系阿克沙克组碳酸盐岩几乎普遍含有沥青,个别薄片见油浸,在南部坳陷带,阿克沙克组分布广泛,是伊犁盆地最有前景的勘探目的层系之一。目前对石炭系的研究和勘探程度还相对较低,需进一步加强工作和弄清有利勘探领域。

本文以野外剖面资料为基础,就伊犁盆地石炭系的勘探潜力做初步分析。

## 1 地质构造演化背景

伊犁盆地地处中亚内陆,位于我国新疆维吾尔自治区的西部,南侧以南天山与塔里木盆地相隔,北侧以北天山与准噶尔盆地相隔,西部与哈萨克斯坦接壤,东部收敛于南、北天山接合部,呈西宽东窄的狭长三角形,面积约28500 km<sup>2</sup>(图1)。这是一个叠置在前石炭系之上的石炭纪—新生代盆地,由南到北可划分为南部坳陷带、中央隆起带以及北部坳陷带。

收稿日期: 2010-08-27; 改回日期: 2011-04-08

李玉文: 1958年生, 1996年获博士学位, 副研究员, 目前从事沉积储层研究。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224940

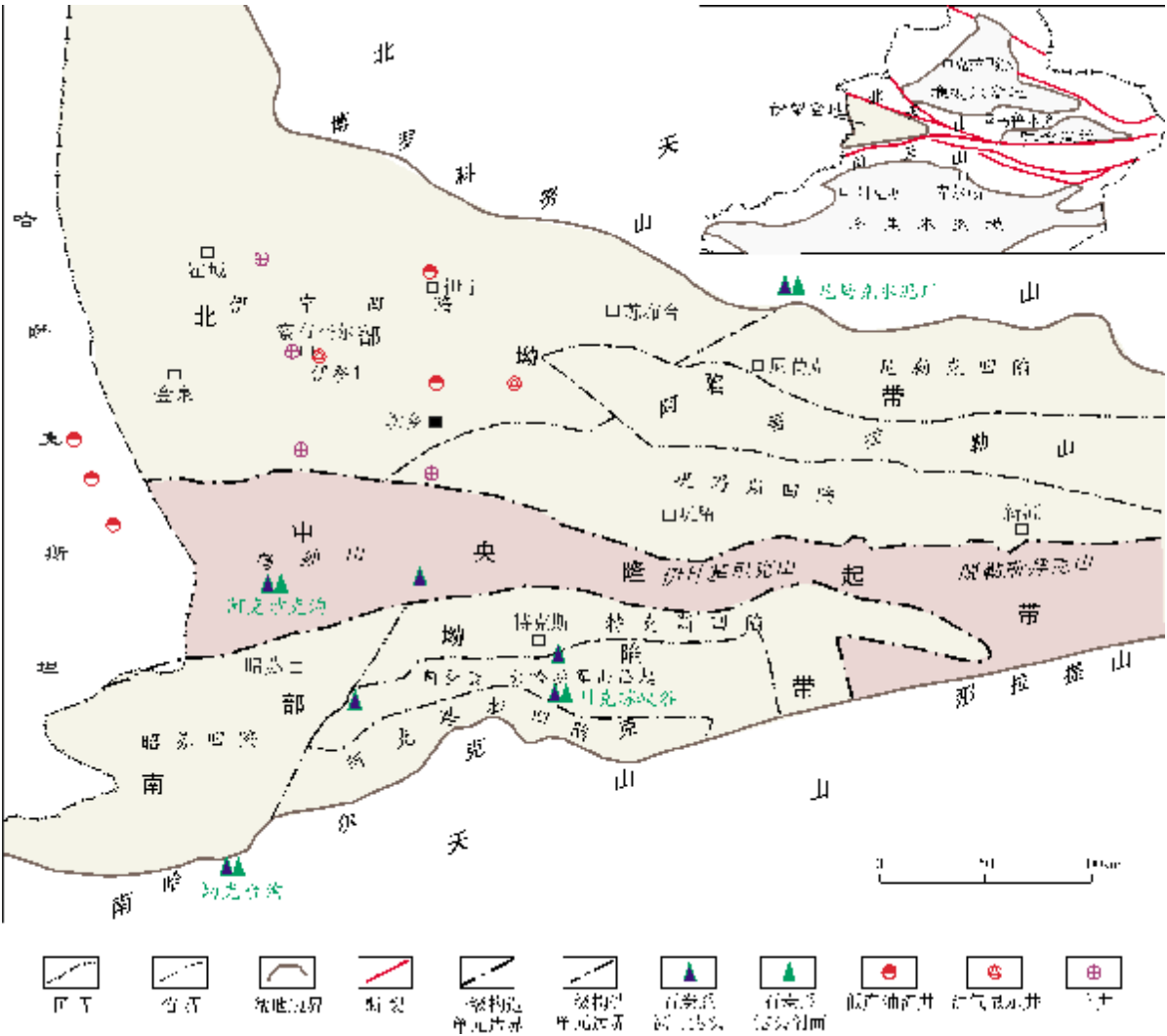


图1 伊犁盆地构造区划及位置图

伊犁盆地在大地构造上属于天山造山带中的伊犁—中天山微地块<sup>[3]</sup>。该微地块北界是中天山北缘大断裂,南界为中天山南缘断裂,呈狭长三角形状东西向夹持于新疆中部,向西撒开通向中亚。伊犁盆地是在伊犁—中天山微地块基础上发育的上叠在前石炭系变质基底之上的盆地,北起博罗科努山南缘,南至哈尔克山北坡(图1)。伊犁—中天山微地块是从震旦纪统一的新疆古板块(罗丁尼亚古陆)于新元古代末期—早古生代早期分裂出来的,并成为哈萨克斯坦—准噶尔板块的一部分,它与塔里木地块曾被不断扩张的南天山洋所分隔。

晚奥陶世—泥盆纪,南天山洋扩张到最大并开始向北俯冲于哈萨克斯坦—准噶尔板块之下,并在巴音布鲁克—巴仑台一带形成了俯冲大陆岛弧岩浆

岩<sup>[4-5]</sup>。此时南天山洋已经发展成为多岛洋盆<sup>[6]</sup>,由于弧后扩张,伊犁—中天山微地块与准噶尔微地块分离,成为独立的地块,并在北天山出现弧后边缘海盆地。

泥盆纪—早石炭世,南天山洋继续向北俯冲并闭合<sup>[7-11]</sup>,塔里木板块与伊犁—中天山微地块再次拼合,同时在伊犁—中天山微地块基础上形成了伊犁盆地早期沉积。除晚泥盆世—早石炭世大哈拉军山组是塔里木与伊犁地块碰撞期火山作用的产物外,伊犁盆地的石炭系其它沉积均是板块碰撞期后松弛阶段的产物,主要是在拉张构造体制下的产物。而下石炭统阿克沙克组是在挤压构造向拉张构造转换过程中沉积的。

中、晚石炭世,伊犁地块北侧的北天山洋(古准

噶尔洋)开始向南俯冲消减<sup>[12-13]</sup>,并于晚石炭世—早二叠世最终关闭<sup>[14]</sup>,在伊犁地块北缘巴音沟一带形成了蛇绿混杂岩带<sup>[12]</sup>。期间,在伊犁盆地内部形成了类似弧后盆地的拉张构造背景,发育了中-上石炭统一中二叠统的双峰式火山岩和相应的碎屑岩—碳酸盐岩沉积。

晚二叠世,伊犁盆地已进入陆内演化阶段,发育了上二叠统区域性红色磨拉石沉积<sup>[15-17]</sup>。此时塔里木板块、伊犁—中天山微地块以及准噶尔—哈萨克斯坦板块已经拼接成一个整体,伊犁盆地已经从裂陷盆地转化成拗陷盆地。

中生代中国统一大陆的形成和新生代新特提斯洋的最终关闭、印度板块与欧亚板块的强烈碰撞使青藏高原急剧隆升,是先后两期影响本区的全球性重大构造事件,该阶段既是新疆盆—山格局的形成时期,也是新疆含油气盆地油气生成、运移、聚集与破坏的重要演化时期。

包括伊犁盆地在内的天山造山带就是在这一大地构造背景下,经历了长期而复杂的演化所形成的,幕式构造作用使在此期间沉积的各套地层均呈角度不整合接触。

## 2 石炭系发育特征

石炭系是伊犁盆地分布和出露最广的地层,以岩相建造类型复杂、火山岩发育、构造变动频繁等为显著特征。在北部拗陷带(包括阿吾拉勒山)及其两侧的博罗科努山、中央隆起带,南部拗陷带及其两侧的哈尔克山、乌孙山、伊什基里克山等均见石炭系露头。石炭系自下而上划分为下石炭统大哈拉军山组(C<sub>1d</sub>)、阿克沙克组(C<sub>1a</sub>),上石炭统伊什基里克组(C<sub>2y</sub>)、东图津河组(C<sub>2d</sub>)及科古琴山组(C<sub>2k</sub>)。石炭纪是伊犁盆地从剥蚀区再次转变为接受沉积的开始,盆地内沉积了数千米厚的海相碎屑岩、火山喷发岩及碳酸盐岩(表1)。

表1 伊犁盆地石炭系发育特征

地 层			厚 度 (m)	主要岩性	沉积建造	
系	统	组				
二叠系				偏碱性、中酸性火山岩及火山碎屑岩为主		
石炭系	上统	科古琴山组	330±	碎屑岩为主夹灰岩	海陆交互相山前厚层磨拉石建造	
		东图津河组	400~1400	各地变化较大,以海相碎屑岩为主夹碳酸盐岩	海陆交互相碎屑岩夹滨浅海碳酸盐岩建造	
		伊什基里克组	300~1500	主要由中酸性火山熔岩和火山碎屑岩组成	海相裂谷型双峰式火山建造	
	下统	阿克沙克组	上亚组	n×10~1200	灰色、深灰色灰岩、生物灰岩、生物碎屑灰岩、砂屑灰岩夹白云岩、泥岩、砂岩	浅海沉积—碳酸盐岩建造
			下亚组	n×10~>1000	碎屑岩为主夹凝灰岩	滨—浅海沉积碎屑岩—火山岩建造
		大哈拉军山组	650~4500	中性、中酸性及部分中基性火山熔岩和火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩、杂砂岩	钙碱性为主、部分偏碱性的中性—中酸性火山建造	
志留系及前震旦系						

大哈拉军山组 广泛分布于伊犁盆地两侧及博罗科努山一带。主要岩性为灰紫、紫红及灰绿等杂色中、酸性凝灰岩、安山岩、流纹岩,夹凝灰质砂岩、灰岩等,在乌孙山及伊犁盆地东部夹少量碱性玄武岩。横向上岩性及地层厚度变化大,为650~4 500 m不等。

阿克沙克组 为伊犁盆地分布最广泛的地层,分布与大哈拉军山组基本一致,但范围更广。由于后期被剥蚀,厚度变化较大,但各地特征相近,均可分为上、下两个亚组。下亚组为滨海沉积的钙质碎屑岩

为主,主要为灰色、灰绿色砾岩、砂岩、粉砂岩,偶夹火山碎屑岩,局部相变为凝灰质砂岩、凝灰岩。与下伏的大哈拉军山组呈不整合接触,一般发育底砾岩。上亚组为浅海台地相碳酸盐岩,厚数十米至1 200 m,近东西向展布,总体上南厚北薄,西厚东薄,尤以昭苏凹陷周边出露最多。综合多个剖面资料,阿克沙克组自下而上又可分为4个岩性段:第一段主要为灰色、深灰色薄层灰岩、钙屑浊积岩、泥灰岩夹泥岩、粉砂质泥岩,部分地区以泥岩为主,发育水平层理。第二段,为灰色厚层鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩、生物灰

岩、黏结灰岩等为主夹少量粉晶—细晶白云岩,上部含硅质结核或条带。第三段主要为灰色、深灰色薄层灰岩、泥灰岩、泥岩,部分地区含锰矿层。第4段为厚层灰岩,生物碎屑灰岩夹砂质灰岩,该段主要出露于盆地南部,大部分地区被剥蚀。由于沉积环境的差异,各段特征有一定变化,如昭苏县城北的第一段以鲕粒灰岩为主。阿克沙克组在盆地北部和东部所夹的碎屑岩增多,如尼勒克水泥厂一带的阿克沙克组下亚组厚度明显大于上亚组,在东部夹有少量火山岩,盆地中部、南部及西部碳酸盐岩更发育。平面上由南到北水体逐渐变浅,沉积相依次为:台地前缘斜坡相、台地边缘礁滩相以及开阔台地相,在盆地的东部和北部有混积滨岸或混积陆棚沉积。纵向上为两个较完整的海进—海退旋回,但上部多被剥蚀。

伊什基里克组 主要出露于中央隆起带的伊什基里克山和北部拗陷带的阿吾拉勒山,角度不整合覆于阿克沙克组之上<sup>[18]</sup>,主要由火山熔岩和火山碎屑岩两部分组成,熔岩以玄武安山岩、石英斑岩为主,碎屑岩以凝灰岩、火山角砾岩为主夹砂岩、砾岩。

东图津河组 主要分布于盆地中北部博罗霍洛山、阿吾拉勒山及伊什基里克山和乌孙山一带,为灰色—灰黑色生物碎屑灰岩、灰岩、泥灰岩及碎屑岩,上部见灰紫色酸性火山碎屑岩,含丰富的筴、珊瑚、腕足、双壳及腹足类等。乌孙山—阿吾拉勒山一带以碎屑岩为主。与下伏阿克沙克组和伊什基里克组均为不整合接触,厚度 400~1 400 m,变化较大。

科古琴山组 盆地内基本未见分布,仅分布在北天山(精河县)西南部。主要为海相碎屑岩夹少量灰岩,见少量海相化石。厚度约 330 m。

3 烃源岩特征

由于基本没有钻井钻遇石炭系,烃源岩的研究

工作主要依据两条野外地质剖面的实测结果以及前人分析数据。两条剖面分别为阿克沙克沟剖面和尼勒克水泥厂剖面(图 1),前者位于昭苏凹陷北侧,中央隆起带的南斜坡,后者位于伊犁盆地北部外围,紧邻尼勒克凹陷和伊宁凹陷的二级构造分界处。分析数据表明,伊犁盆地石炭系发育两套烃源岩,分别为下统的阿克沙克组和上统的东图津河组,其中阿克沙克组烃源岩主要分布于上亚组第一和第三岩性段。

3.1 有机质丰度

3.1.1 阿克沙克沟剖面

阿克沙克沟剖面是下石炭统阿克沙克组的建组剖面,样品主要采自石炭系下统阿克沙克组(共 14 个,10 个为碳酸盐岩,4 个为泥质岩)和上统东图津河组(共 27 个,全部为泥质岩)。参考前人研究成果,又结合伊犁盆地实际特点,本次研究采用以下的烃源岩有机碳评价标准对石炭系烃源岩进行评价(表 2)。

表 2 伊犁盆地石炭系烃源岩有机碳丰度评价标准表

烃源岩 类型	TOC (%)				
	优质	好	较好	较差	非
泥质岩	≥3.0	2.0~3.0	1.0~2.0	0.5~1.0	<0.5
碳酸盐岩	≥1.6	0.8~1.6	0.4~0.8	0.25~0.4	<0.25

阿克沙克组碳酸盐岩烃源岩多为灰—深灰色泥晶灰岩和藻黏结灰岩,厚度大于 90m。10 个碳酸盐岩样品的有机碳分布于 0.03%~1.62%,平均 0.59%,为较好烃源岩。泥质岩烃源岩一般为灰—深灰色、灰绿色钙质泥岩、粉砂质泥岩或泥岩,厚度在 50m 左右。4 个泥质岩样品的有机碳含量分布于 0.2%~0.62%之间,≥0.5%的样品 3 个,达标率 75%,但是有机碳丰度较低(表 3、图 2)。

表 3 伊犁盆地石炭系剖面各级别烃源岩样品所占比例统计

剖面	层位	岩性	样品数	各类烃源岩样品比例 (%)				
				非	较差	较好	好	优质
阿克沙克沟	东图津河组	泥质岩	27	18.5	33.3	44.5	3.7	0
	阿克沙克组	碳酸盐岩	10	20	20	40	10	10
		泥质岩	4	25	75	0	0	0
尼勒克水泥厂	阿克沙克组	碳酸盐岩	37	48.6	32.4	19	0	0
		泥质岩	9	33.4	44.4	11.1	0	11.1



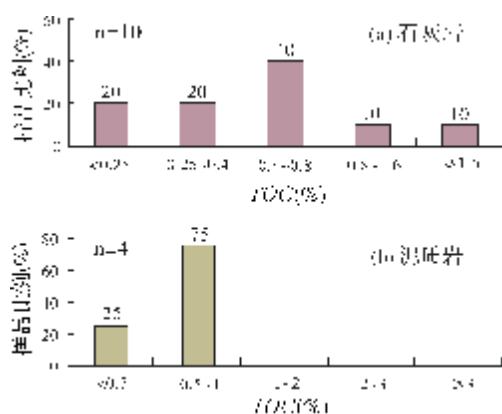


图2 伊犁盆地阿克沙克沟剖面下石炭统阿克沙克组  
烃源岩有机碳丰度分布直方图

东图津河组27个样品均为泥质岩,岩性为灰—深灰色粉砂质泥岩、灰黑色含灰质泥岩,有机碳含量较高,厚度将近30m。这27个样品的有机碳分布范围为0.12%~2.07%,平均值0.90%;有机碳丰度小于0.5%的样品数5个,占18.5%,大于等于0.5%的样品数22个,达标率81.5%。考虑到钙质含量较高,确定该地层为较差—较好烃源岩(表3,图3)。在剖面中也见有碳酸盐岩烃源岩,多为灰—深灰色泥晶灰岩,厚度不到10m,有机碳丰度估计和阿克沙克组的相近。

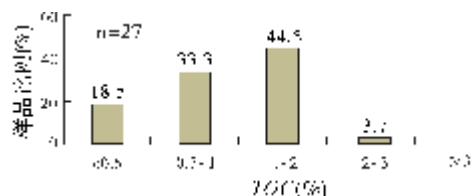


图3 伊犁盆地阿克沙克沟剖面上石炭统东图津河组  
泥质岩烃源岩有机碳丰度分布直方图

### 3.1.2 尼勒克水泥厂剖面

尼勒克水泥厂剖面的样品全部采自下石炭统阿克沙克组,共采集并分析烃源岩样品46个,其中碳酸盐岩37个,泥质岩9个。碳酸盐岩烃源岩一般为

灰—灰黑色生物碎屑灰岩、泥晶灰岩、介壳灰岩,厚度有109m;泥质岩烃源岩为灰—深灰色粉砂质钙质泥岩,厚度大于120m。37个碳酸盐岩样品的有机碳分布于0.04%~0.79%,大于等于0.25%的样品为19个,占51.4%;平均值0.28%,为较差烃源岩。9个泥质岩样品,有机碳分布于0.04%~3.01%,大于等于0.5%的有6个,占66.6%,平均为0.88%,为较差烃源岩(表3)。

综合对伊犁盆地野外地表露头大量样品分析表明,有机碳丰度的分布有如下特点:(1)岩性上,阿克沙克组的碳酸盐岩好于泥质岩;(2)纵向上,东图津河组的泥质岩好于阿克沙克组的泥质岩;(3)平面上,南部的阿克沙克沟剖面好于北部尼勒克水泥厂剖面。

### 3.2 有机质类型

伊犁盆地石炭系烃源岩,显微组成以镜质组和惰质组为主,根据对各显微组分相对含量加权计算出的有机质类型指数,表明伊犁盆地有机质类型基本上以Ⅲ型干酪根为主(表4)。

一般随演化程度的增高,壳质组的含量明显减少。普遍的模拟实验结果为,热演化程度 $R_o$ 从0.39%演化到1.79%时,壳质组含量从15.2%降至0。多数情况下,当 $R_o=1.60\%$ 时,壳质组含量基本为0,但惰质组和镜质组的相对百分含量则有所增加。其原因与腐泥组和壳质组易于生成烃类、在演化早期阶段即转化为烃类而含量降低直至完全消失有关。另一方面腐泥组和壳质组在演化过程中因生烃而使光学性质趋向于惰质组和镜质组,从而不再能被鉴定为壳质组。伊犁盆地石炭系烃源岩有机质类型指数偏低,一方面与其原生有机质本身就缺少腐泥组和壳质组有关,另一方面由于热演化程度较高,低含量的腐泥组及壳质组也因易生烃而损失,再就是在生烃过程中部分组分向惰质组转化。以上各种因素致使烃源

表4 伊犁盆地野外剖面有机质显微组分统计表

剖面	层位	样品数	全岩有机质含量(%)	组分含量(%)				类型指数	有机质类型
				壳质组	镜质组	惰质组	次生组分		
阿克沙克沟	东图津河组	3	0.1~0.5		52.4	47.6	28.5~100	-87	Ⅲ
	阿克沙克组	3	0.2~1.5	0~4.5	54.5~84.5	15.5~43.0		-83~-75	Ⅲ
尼勒克水泥厂	阿克沙克组	3	0.1~0.6	0~1.0	37.5~73.5	25.5~62.5	0~72.5	-100~-80	Ⅲ

数据来源:中石化西北油田分公司。

岩的有机质类型指数较低,综合考虑认为其原始有机质类型应为Ⅱ<sub>2</sub>—Ⅲ型。

另外从热解分析所得的氢指数、氧指数、类型指数来看,有机质类型也应为Ⅱ<sub>2</sub>—Ⅲ型(表5)。

表5 伊犁盆地石炭系剖面有机质类型统计表

剖面	层位	样品数	$I_H$ (mg/g)		$I_O$ (mg/g)	$T_{gc}$
阿克沙克沟	东图津河组	27	(6.85~20.55)/12.47		(16.43~325.00)/(67.57)	(0.03~0.49)/0.26
	阿克沙克组	14	(6.45~66.67)/17.26		(41.38~833.33)/178.73	(0.04~0.25)/0.12
尼勒克水泥厂	阿克沙克组	33	(10.57~105.00)/44.52	(13.89~87.5)/44.92 *	(40.20~900.00)/247.79	(0.05~1.63)/0.25

注:  $I_H$ 、 $I_O$ 、 $T_{gc}$  数值表达式为:(数据范围)/平均值; \* 本组数据为本次研究采集,表中其余数据均来自中石化西北油田分公司。

3.3 有机质成熟度

根据本研究的伊犁盆地石炭系—二叠系烃源岩镜质组反射率( $R_o$ )数据(表6),以南部昭苏凹陷石炭系有机质演化程度较高,下石炭统阿克沙克组  $R_o$  值

平均达 2.261%,上石炭统东图津河组  $R_o$  为 2.029%~2.157%,平均达 2.073%;北部尼勒克水泥厂阿克沙克组  $R_o$  为 1.555%~1.621%,平均 1.588%。这些数据表明,石炭系烃源岩整体已进入高成熟—过成熟演化阶段,南部烃源岩的成熟度又远高于北部。

表6 伊犁盆地石炭系剖面有机质反射率表

剖面	层位	岩性	测点数	$R_o$ (%)	$R_o$ 平均值
阿克沙克沟	阿克沙克组	灰色、深灰色含生物碎屑泥晶灰岩	16	2.261	2.261
	东图津河组	灰黑色含灰质泥岩	39	2.029	2.073
		灰黑色含灰质泥岩	50	2.157	
		灰黑色含灰质泥岩	50	2.032	
尼勒克水泥厂	阿克沙克组	灰黑色钙质泥岩	50	1.555	1.588
		灰黑色钙质泥岩	22	1.621	
科克苏 <sup>[2]</sup>		黑色含沥青微晶灰岩	—	2.46	2.46
伊宁吉尔格朗 <sup>[2]</sup>	东图津河组	深灰色含沥青质灰岩	—	0.85	0.85

数据来源:除科克苏和伊宁吉尔格朗两剖面的资料引自文献[2]以外,其余来自中石化西北油田分公司。

4 储集岩特征

伊犁盆地石炭系储集岩较为发育,主要有碳酸盐岩、碎屑岩及火山岩。

4.1 碳酸盐岩储层

碳酸盐岩储集岩主要发育在阿克沙克组,有石灰岩类、白云岩类储层以及它们受表生淋滤作用后形成的岩溶类储层。

石灰岩类储层 据阿克沙克沟、尼勒克水泥厂、切克台沟和科克苏峡谷(图1)四个剖面的样品分析,全部石灰岩类储层的孔隙度介于0.1%~8.9%,平均值为1.08%;渗透率介于(0.004~4.150)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,平均值为0.185 ×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>(图4)。产于高能相带的亮

晶颗粒灰岩类储层的物性相对较好,孔隙度介于0.2%~8.9%,平均值为1.82%,其中孔隙度小于1%的占39%,1%~3%的也占39%,3%~5%的占18%,大于5%的占4%(图4a),总体为低孔-特低渗。亮晶颗粒灰岩类的渗透率介于(0.05~2.51)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>之间,平均值为0.204×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,渗透率小于0.1×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>的占70.4%、(0.1~1)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>的占25.9%、大于1×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>的仅占3.7%(图4b),基本以特低渗为主。

白云岩类储层 白云岩类储层的孔隙度介于0.8%~3.6%,平均值为1.48%,孔隙度小于1%和介于1%~3%样品分别占总数的40%,孔隙度3%~5%的样品占20%(图4a)。渗透率的分布范围为(0.004~0.521)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,平均值为0.064×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,除个别样品外,绝大部分样品的渗透率小于0.1×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,大于

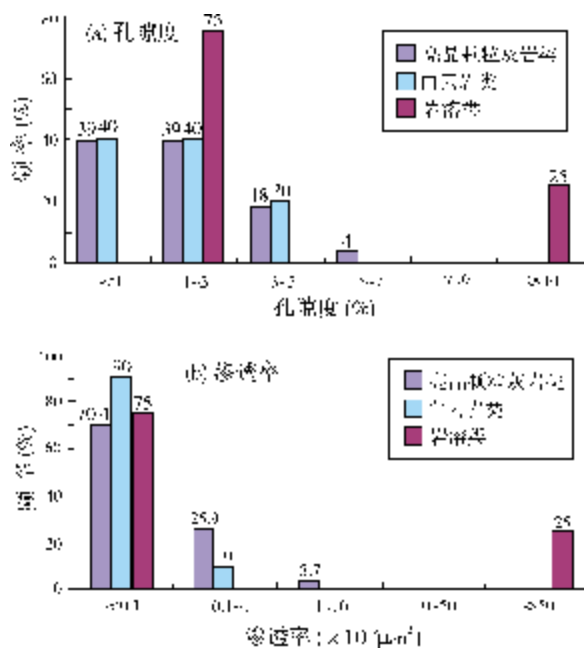


图4 伊犁盆地下石炭统阿克沙克组碳酸盐岩不同类型储集体孔隙度、渗透率统计直方图

$1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的样品仅占 10%，总体为特低孔特低渗储层。由于储层物性的高度不均一性，样品的分析物性与薄片看到的结果差异比较大，有的薄片面孔率高达 10%，但测试的孔、渗数据较低。

**岩溶类储层** 孔隙度介于 1.3%~16.2%，平均值为 5.55%，为中低孔储层；渗透率介于  $(0.031 \sim 52) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均值为  $13.023 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，为低渗储层（图 4）。由于取样及测试分析的原因，数据跳跃性更大，同时由于分析样品的体积过小，其分析数据可能仅代表了该类储层的较低值，因为它只代表了基质孔隙，未能包含其中的缝和洞。

石灰岩和白云岩储层的孔隙度平均值均大于 1%，参考塔里木油田储量报告中的相关标准，均为有效储层，薄片中所见大部分样品均含沥青亦表明这些孔隙是有效的。孔隙度与渗透率的相关性不明显，表明以溶蚀孔隙为主，阿克沙克组与上覆地层间不整合面附近的溶蚀孔隙常含沥青，表明风化壳岩溶也是有效储层。

## 4.2 碎屑岩和火山岩储层

碎屑岩储层主要发育在阿克沙克组下亚组和东图津河组。阿克沙克组下亚组主要为凝灰质砂岩，物性较差，据 4 个样品的分析结果，孔隙度 1.7%~5.3%，平均 3.3%，渗透率均小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。东图津河

组物性略好于阿克沙克组，据 5 个样品的分析结果，孔隙度 1.4%~7.3%，平均 4.3%，渗透率大部分小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

火山岩储层主要发育在伊什基里克组，目前没有物性分析数据，但爆发相为主的火山角砾岩和气孔发育的安山岩、玄武岩可形成优质储集空间。准噶尔盆地和吐哈盆地的火山岩勘探实践已经表明，此类岩石可作为有效储层。

## 5 生储盖组合

伊犁盆地阿克沙克组、东图津河组两套烃源岩共三个生油层段以及相应的储集岩可构成三套生储盖组合。阿克沙克组上亚组的第一、三段为生油层，第二、四段为储集层，碳酸盐岩既是生油岩，也是储集岩，泥页岩、泥岩作为盖层，从而构成自生、自储及自盖型的组合形式。东图津河组是生油层，其上的伊什基里克组可作为储层，上覆二叠系可为盖层。从横向上看，生油层阿克沙克组上亚组均为海进式沉积，层层超覆在下伏不同层位之上，并被新沉积的粗碎屑岩、泥质岩及火山岩所覆盖，形成了良好的生储盖组合，成藏模式研究也表明有形成新生古储型油藏的可能。

## 6 勘探潜力初步认识

(1) 在伊犁—中天山微地块发育起来的伊犁盆地，是西天山造山带内的一个山间沉积盆地，位于中亚巨型油气富集带，四邻均有含油气盆地。

(2) 伊犁盆地有富含油气的地质条件和物质基础，盆地地层层序较全，其中以石炭系、二叠系分布最为广泛，沉积厚度大，生、储、盖齐全，基本配套，目的层埋深适中。

(3) 伊犁盆地周边石炭系油气显示普遍而丰富，特别是南部凹陷带，所有油气显示均为石炭系，这说明盆地中石炭系是非常现实的勘探层系。

(4) 伊犁盆地油气生成和圈闭形成期基本配套。对伊宁凹陷主要烃源岩二叠系塔姆其萨依组埋藏史及热演化史进行模拟，该套烃源岩于三叠纪早期已进入生烃门限，中—晚三叠世达到生、排烃高峰<sup>[19]</sup>，早—中侏罗世进入高成熟阶段，侏罗纪末进入生气阶段。昭苏凹陷—特克斯凹陷石炭系烃源岩生、排烃时间应该稍早于二叠系烃源岩。变形构造研究表明，西天山推覆构造主要奠定于早二叠世早期，走滑运

动发生于晚二叠世—早三叠世<sup>[20]</sup>。中—新生代沿古生代构造有进一步推覆和走滑发生。

综上所述,伊犁盆地石炭系具有较好的油气勘探潜力,主要层位是阿克沙克组。其中南部坳陷带是石炭系的有利勘探区,但是目前勘探程度甚低,应进一步加强研究。

#### 参考文献

- [1] 王秀乾. 伊犁盆地石炭—二叠系石油地质特征[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(2): 219-228.
- [2] 郝继鹏, 杨志勇, 史建宏, 等. 伊犁盆地石炭系—二叠系含油气性特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(1): 75-83.
- [3] 张国伟, 李三忠, 刘俊霞, 等. 新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 203-213.
- [4] 杨天南, 李锦轶, 孙桂华, 等. 中天山早泥盆世陆弧: 来自花岗质糜棱岩地球化学及 SHRIMP-U/Pb 定年的证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 41-48.
- [5] 王福同, 宋志齐, 祁世军, 等. 新疆维吾尔自治区古地理及地质生态图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 2006: 1-23.
- [6] 刘本培, 王自强, 张传恒, 等. 西南天山构造格局与演化[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [7] 郝杰, 刘小汉. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及大地构造意义[J]. 地质科学, 1993, 28(1): 93-95.
- [8] 汤耀庆, 高俊, 赵民, 等. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 13.
- [9] 韩宝福, 何国琦, 吴泰然, 等. 天山早古生代花岗岩锆石 U-Pb 定年、岩石地球化学特征及其大地构造意义[J]. 新疆地质, 2004, 22(1): 4-11.
- [10] 周鼎武, 苏犁, 简平, 等. 南天山榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49(14): 1411-1415.
- [11] 龙灵利, 高俊, 熊贤明, 等. 南天山库勒湖蛇绿岩地球化学特征及其年龄[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 65-73.
- [12] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 12-47.
- [13] 朱永峰, 周晶, 宋彪, 等. 新疆“大哈拉军山组”火山岩的形成时代问题及其解体方案[J]. 中国地质, 2006, 33(3): 487-497.
- [14] 赵振华, 王强, 熊小林, 等. 新疆北部的两类埃达克岩[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1249-1265.
- [15] 崔智林, 梅志超, 屈红军, 等. 新疆伊犁盆地上二叠统研究[J]. 高校地质学报, 1996, 2(3): 332-338.
- [16] 李向东, 王克卓. 中国西天山南缘盆山构造转换解析[J]. 新疆地质, 2000, 18(3): 203-219.
- [17] 王博, 舒良树, Cluzel D 等. 伊犁北部博罗霍努岩体年代学和地球化学研究及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(8): 1886-1889.
- [18] 李永军, 张天继, 栾新东, 等. 西天山特克斯达坂晚古生代若干不整合的厘定及地质意义[J]. 地球学报, 2006, 29(2): 145-153.
- [19] 王峻, 刘家铎, 田景春, 等. 伊宁凹陷古地温恢复与热演化史研究[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2006, 33(6): 576-580.
- [20] 高俊, 何国琦, 李茂松. 西天山造山带的构造变形特征研究[J]. 地质学报, 1999, 18(1): 1-9.

编辑: 吴厚松

## Petroleum Geology Characteristics and Exploration Potential of Carboniferous Rocks in Ili Basin

Li Yuwen, Yu Chaofeng, Xiong Shaoyun, Chen Nenggui, Qu Jianhua

**Abstract:** Based on field profiles and data of drilled wells in Ili Basin, the analysis has shown that the thick Carboniferous lithomelic body was overlapped on pre-Carboniferous metamorphic basement rock. It can be divided into five formations, C<sub>1</sub>d, C<sub>1</sub>a, C<sub>2</sub>y, C<sub>2</sub>d and C<sub>2</sub>k, in which C<sub>1</sub>a and C<sub>2</sub>d Formations are source rock. Two kinds of Carboniferous source rocks, argillaceous rock and dominant carbonate rock, are common in C<sub>1</sub>a and C<sub>2</sub>d. The relatively high abundance of organic carbon and the II<sub>2</sub> to III types of kerogen reveal it belongs to good source rock. Thermal evolution of organic matter is up to high maturity to overmaturity. Three source-reservoir-cap assemblages can be distinguished. Comprehensive analysis indicates that the Carboniferous rock is well potential for oil exploration and the C<sub>1</sub>a Formation is the target, especially the Southern Depression is a favorable area.

**Key words:** Carboniferous; Source rock; Reservoir rock; Organic abundance; Exploration potential; Yili basin

Li Yuwen: male, Doctor, Senior Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Petroleum Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China