

冀辽拗陷中—上元古界原生油气远景

郝石生

(华东石油学院北京研究生部)

一、问题的提出

中—晚元古代的冀辽拗陷主体位于现今华北北部,与内蒙隆起、五台隆起、渤海—内黄隆起相邻(图1),面积约70,000平方公里,包括蓟县、凌源及沈东3个沉积凹陷,其中蓟县凹陷中—上元古界最发育,厚9000余米。

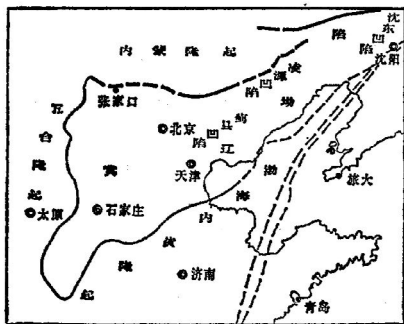


图1 中—晚元古代冀辽拗陷位置图

黑色页岩为主的洪水庄组以及以含硅质和藻叠层的碳酸盐岩为主的铁岭组(该组顶部发育有风化壳)。

青白口系:下部为以暗色页岩为主的下马岭组。中部为长龙山组,以海绿石砂岩为主,向上页岩增多。上部为景儿峪组,由泥灰岩或泥质白云岩组成。

中—上元古界多属陆表海沉积,横向上岩性较稳定,但厚度有变化,垂向上则组成一个完整沉积旋回(由滨海到浅海,又由浅海到滨海)。它经历了多次构造运动。加里东与海西运动以升降作用为主,造成区域假整合。印支—燕山运动具褶皱特点,形成了燕山台褶带的格局。在渤海湾盆地内,华北(喜山)运动明显,引张应力形成了一系列断陷盆地。后期断陷作用减弱,第四纪以来,逐渐演化为今日的构造面貌(图2)。

渤海湾盆地的冀中拗陷,已在中—上元古界找到了以任丘油田为代表的一些新生古储潜山型油气田。近年来,在燕山台褶带的露头区发现了中—上元古界原生石油显示共41处,可分液体石油、稠油和固体沥青3种类型。它们主要集中在铁岭组、雾迷山组和下马岭组;高于庄组仅见一处碳质沥青。从区域分布看,冀北拗陷占主要比例,其次为宣龙拗陷。密怀隆起和辽西拗陷也发现少量石油显示。此外,冀中拗陷探井中长龙山组的

含油砂岩及油斑砂岩, 亦可能具原生性。

总之, 这套时代距今 8—18 亿年的巨厚沉积岩系, 不仅分布广泛, 而且具生烃潜力, 因而可能存在原生油气藏形成条件。这种条件通过前人及我们的一些工作, 已经得到初步证实。所以加强该层系的地质研究和勘探工作, 是必要的。

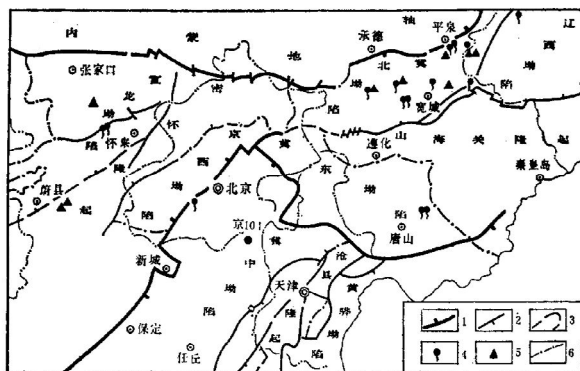


图2 中—上元古界原生油气苗位置图

1—断层, 2—二级断层, 3—构造单元界线, 4—露头油苗, 5—产油带, 6—省界

二、有机地化特征

1. 具生油气潜力的层系

高于庄组、雾迷山组、洪水庄组、铁岭组及下马岭组皆具生油气潜力。考虑到演化程度及生储盖组合条件, 雾迷山组及其以上地层的生油层系应为研究重点。

2. 有机质类型

镜下鉴定表明, 雾迷山组、洪水庄组、铁岭组及下马岭组干酪根皆呈无定形云雾状, 属腐泥型。红外资料(表1)也表明蔚县系生油岩属腐泥型。

表1 芳烃红外光谱数据表

井号	井深 (米)	岩性	层位	$1460\text{cm}^{-1}/1600\text{cm}^{-1}$
京 101	3139—3159	灰色白云岩	铁岭组	5
京 101	3245—3255	灰色白云岩	铁岭组	6.1
京 101	3391—3400	深灰色白云岩	铁岭组	5
京 101	3452—3467	黑色页岩	洪水庄组	3.6*
泉 31	2945—2961	灰绿—深灰色页岩	洪水庄组	3.2*
京 101	3610—3628	深灰色白云岩	雾迷山组	5

* 演化程度较高, $1460\text{cm}^{-1}/1600\text{cm}^{-1}$ 比值偏低

3. 有机质丰度

我们认为,无论是碳酸盐岩还是粘土岩,目前所具有的有机质丰度基本上反映其生油气潜力^[1]。这是基于晶析作用而提出的。因而任何类型沉积岩的丰度指标都应统一考虑。这就是说,只有在成岩过程中保存有较多有机质的岩石才具良好生油气潜力,碳酸盐生油岩尤其如此。

以粘土岩为主的下马岭组和洪水庄组生油岩,有机碳含量一般在0.5%以上,大部分样品超过1% (最高者为宣龙坳陷下马岭组,高达5.69%)。粘土生油岩沥青A亦较高,下马岭组皆在250 ppm以上(宣龙坳陷为3368 ppm),洪水庄组介于80至100 ppm之间。因而下马岭组及洪水庄组皆具生油气条件。铁岭组和雾迷山组碳酸盐岩在部分地区具良好生油条件,如冀中坳陷中部,两组地层生油岩的有机碳可达0.3—0.5%,沥青A为100—350 ppm。又如冀北坳陷宽城县塌山公社苇子沟一带,铁岭组近顶部有厚约十余米的黑色白云质石灰岩,其有机碳达1.79%,沥青A为2699 ppm。

4. 演化程度

1) 成熟区

包括冀北、辽西及宣龙等坳陷。

雾迷山组上部及其以上地层处于成熟阶段。干酪根在镜下呈褐—深褐色。总烃/(非烃+沥青质)>1, H/C 约为0.85, 最高热解峰温(Rock-Eval测定,下同)为426—441℃。上覆侏罗系镜煤反射率最高不超过1.08%, 石炭—二叠系不超过1.24%。这些情况与大量油苗出现相吻合。

雾迷山组下部及时代更老的层系已进入湿气或干气阶段。

2) 高成熟—湿气区

冀中坳陷属此类型。

铁岭组: 总烃/(非烃+沥青质)>1, OEP为0.96—1.11, 正构烷烃主峰碳为 C_{18} — C_{19} , H/C<1, 干酪根颜色中, 棕褐—黑褐色占85%, 黑色占15%, 最高热解峰温486—501℃, 处于高成熟至湿气阶段。

洪水庄组: 总烃/(非烃+沥青质)>1, OEP为0.96—0.98, 主峰碳为 C_{18} — C_{20} , H/C比为0.44—0.47, 干酪根呈黑—黑褐色, 最高热解峰温在500℃以上。由于岩性的影响, 演化程度高于铁岭组, 处于湿气—干气早期阶段。

3) 干气区

冀东和京西坳陷属此类型。

1983年,我们在冀东坳陷铁岭组中发现了碳质沥青,不染手也不可燃。干酪根呈黑色,处于干气晚期阶段。

京西坳陷铁岭组白云岩最高热解峰温为521℃。在房山及门头沟分别取石炭—二叠系及侏罗系煤样作镜煤反射率分析,二者分别为5.97%和5.91%,虽然该值仅能间接反映中—上元古界的演化情况,但由于二者数值相近,似亦反映中生代热演化的重要性。对玉泉山附近石炭系碳质泥岩进行了热解分析, S_1 及 S_2 皆测定为0,表明已进入干气晚期。

三、原生油气藏形成条件剖析

中—上古界旋回性明显。碳酸盐岩具自生自储条件, 其储集空间可分原生孔隙、溶孔及裂缝3种类型。粘土岩除具较高生气油潜力外, 往往又可作为下伏旋回的盖层。根据实际情况, 高于庄组以上层系可划为4套生储盖组合: 高于庄(生、储)—杨庄(盖)组合; 雾迷山(生、储)—洪水庄(生、盖)组合; 洪水庄(生)—铁岭(生、储)—下马岭(生、储)组合; 下马岭(生)—长龙山(储)—景儿峪(盖)组合。在保定—天津一线以南地层出现缺失情况时, 还往往有新组合出现。雾迷山—洪水庄组合及洪水庄—铁岭—下马岭组合具较理想的油气藏形成条件。

中—上古界能否形成原生油气聚集是令人重视的一个问题。燕山台褶带冀北拗陷双洞背斜带的双洞背斜可作为一个已被破坏的古油藏实例。双洞背斜带为多断层的背斜带, 走向北东东, 面积370平方公里, 有7个高点。双洞背斜系指位于双洞子公社大山前一带的背斜。该背斜高点出露了蓟县系雾迷山组最上部(85米), 两翼依次分布铁岭组、下马岭组及下古生界。南翼倾角 55° — 85° , 北翼倾角 45° — 77° (图3)。在双洞背斜的铁岭组中连续发现多处油苗和沥青, 打开油苗附近的裂缝可见液体油流出。据刘宝泉等同志测定, 目前每立方公里残留油量为435—520万吨, 固体沥青量为136—241吨, 说明未遭破坏时古油藏含油丰富。

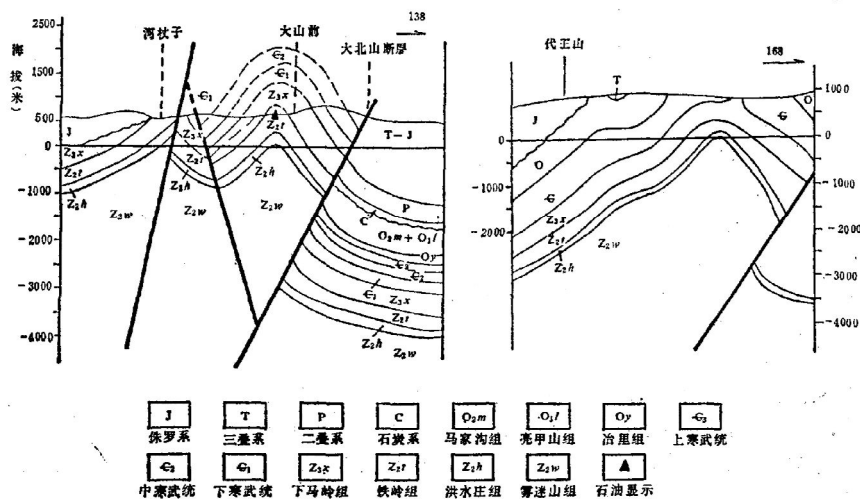


图3 双洞背斜构造横剖面图 (据李崇焕)

1. 铁岭组油苗的油脂

将铁岭组晶洞油苗与下马岭组、铁岭组和洪水庄组的生油岩进行地化指标的对比(表2, 3), 可看出油苗与铁岭组生油岩的正异构烷烃、碳同位素、红外光谱和饱/芳比都很接近, 甾烷、萜烷质量色谱分析也较近似, 这表明其亲缘关系。下马岭组及洪水庄

组生油岩的各项地化指标与铁岭组油苗也比较接近,但红外光谱和饱/芳比以及萘烷的部分参数相差较大,说明虽有亲缘关系,但不如铁岭组。

表2 双洞背斜铁岭组油苗及生油岩综合地化指标对比表

样品岩性	层 位	饱 和 烃 色 谱				$\delta^{13}\text{C}$ (%)	红 外 光 谱				饱 芳 比
		pr ph	pr nC ₁₇	ph nC ₁₈	pr+ph n(C ₁₇ +C ₁₈)		非 1380cm ⁻¹ 1480cm ⁻¹	烃 1460cm ⁻¹ 1600cm ⁻¹	沥 青 1380cm ⁻¹ 1460cm ⁻¹	质 1460cm ⁻¹ 1600cm ⁻¹	
黑色页岩	下马岭组	0.50	0.67	1.00	0.86	-32.00*	0.70	3.01	0.58	1.65	4.41
黑灰色 灰 岩	铁岭组	0.61	0.52	1.24	0.82	-32.73 ^A	0.52	2.83	0.55	1.40	2.00
晶洞油苗	铁岭组	0.81	0.89	1.14	1.01	-32.90	0.50	2.56	0.55	1.37	2.33
黑色页岩	洪水庄组	0.79	0.70	1.10	0.86	-30.92*	0.52	4.84			

据华北石油勘探开发设计研究院生油室

* 为干酪根 ^A 为沥青A

表3 双洞背斜铁岭组油苗及生油岩留烷和萘烷指标对比表

样品岩性	层位	$\frac{5\alpha-C_{27}}{5\alpha-C_{29}}$	$\frac{5\alpha-C_{28}}{5\alpha-C_{29}}$	$\frac{5\beta-C_{27}}{5\alpha-C_{27}}$	$\frac{20S-C_{29}}{(20S+20R)C_{29}}$	$\frac{(5\beta-14\beta)-C_{29}}{\text{总}C_{29}}$	$\frac{T_m}{T_s}$	$\frac{C_{29}-\text{Hop}}{C_{30}-\text{Hop}}$	$\frac{\text{Gam}}{C_{31}-\text{Hop}}$
黑色页岩	下马岭组	0.81	0.68	0.56	0.36	0.26	0.80	0.59	0.78
黑灰色 灰岩	铁岭组	0.74	0.69	0.94	0.54	0.30	0.82	0.74	0.56
晶洞油苗	铁岭组	0.83	0.61	1.24	0.53	0.33	0.78	0.74	0.53
灰白色 白云岩	雾迷山组	1.06	0.71	0.48	0.49	0.35	0.62	0.51	0.77

据华北石油勘探开发设计研究院生油室

2. 古地温及大量生油门限值的确定

研究古地温可从确定区域构造单元的大地热流值(Q)入手,它等于岩石热导率(K)与地温梯度(dT/dh)的乘积^[2]。在确定某时代的 Q 、 K 值以后,古地温梯度即可求出^[3]。进一步由古地温梯度和厚度资料可求出不同时代的古地温。古地表温度以10℃计,表4列出了洪水庄组、铁岭组及下马岭组等生油层系在不同时代的古地温值以及根据康南(1974)经验公式算出的生油门限温度值。

3. 双洞背斜油气藏形成剖析

洪水庄—铁岭—下马岭组为一良好的生储盖组合。从表4可看出,它们在二叠纪末期尚未达到生油门限值,在三叠纪才开始生油并进入高峰期。根据燕山台褶带的构造史,双洞背斜带主要形成于印支运动,因而油气生成和圈闭形成的时间是相互配合的,双洞背斜油气藏也在此时形成。虽然后期强烈上升作用使双洞背斜的铁岭组出露地表,但由于油气藏形成较晚,且上升缓慢,因而古油藏遭到破坏很可能是近期发生的。这就是目前仍有较多油苗的原因。雾迷山组上部的油苗也具类似原因。反之,雾迷山组下部及高于庄组的生油层却分别在寒武纪末及中—晚元古代末就已进入生油高峰期,目前成熟度高,且经历了多次构造抬升作用,因而油气保存条件较差。但也不排斥存在天然气的可能性。

表4 各生油层系古地温及门限温度演化表

时代 温度 (°C) 层系	中—晚元古代末		寒武纪末		奥陶纪末		石炭—二叠纪末		三叠纪末	
	古地温	门限温度	古地温	门限温度	古地温	门限温度	古地温	门限温度	古地温	门限温度
下马岭组	14.4	84.0	25.1	57.0	33.1	55.0	43.9	52.0	64.5	51.5
铁岭组	18.0	77.5	28.8	54.0	36.7	52.5	47.6	48.5	68.3	48.0
洪水庄组	18.8	77.0	29.6	53.5	37.6	52.0	48.4	48.0	69.0	47.5
雾迷山组	55.0	59.5	65.8	47.9	73.6	46.9	48.6	44.1	105.2	43.7
杨庄组	56.6	56.7	66.3	47.8	74.3	46.6	85.1	44.0	105.7	43.4
高于庄组	67.0	54.5	17.8	46.3	85.8	43.5	96.6	43.0	117.2	42.5

古地温为地层组底界古地温

四、中—上元古界原生油气远景分析

根据上述情况, 中—上元古界不仅具有有利的生储盖组合, 同时也发生过油气藏的形成过程。因此, 在保存条件较好地区找到中—上元古界的原生油气是很有可能, 关键在于加强勘探工作。

保定—天津以北地区是具最优条件的洪水庄—铁岭—下马岭组合及雾迷山—洪水庄组合分布区。考虑到热演化现状, 渤海湾盆地的冀中拗陷北部和沧县隆起北端以及燕山台褶带的冀北、辽西及宣龙拗陷都有找到油气的可能性。它们不仅具含油远景, 并且在高于庄—杨庄组合中找到天然气的可能性也是存在的。冀东及京西等拗陷, 由于演化程度高, 只具含气远景。京西拗陷昆明湖背斜的含气可能性, 曾进行过探讨^[3]。

保定—天津以南, 由于洪水庄组以上地层在大部分地区缺失, 高于庄—杨庄组合及其下伏地层可能是主要勘探目的层系。考虑到生储盖组合数目较少, 且中—新生代的抬升及剥蚀作用较强, 因而其远景与保定—天津以北地区相比可能差一些, 但仍应进一步工作, 明确其有利地区。

在圈闭条件方面, 燕山台褶带中有大量背斜圈闭存在, 一般构造较复杂, 两翼陡且不对称, 断层切割较强, 目前应选择主要生储盖组合保存好的背斜, 经地震证实地下情况后, 再进行钻探。在渤海湾盆地内, 考虑到松辽盆地已表现了挤压作用, 推测渤海湾盆地的中生界以下地层也应具此特征; 堂邑、高阳等背斜即为例证。今后在加强深层地震勘探的基础上, 可能还会找到印支期所形成的大型背斜圈闭。可选择生储盖组合条件好, 受后期断裂破坏小的圈闭进行钻探。此外, 冀中拗陷北部及沧县隆起北端, 为铁岭组尖灭带分布区, 应考虑地层圈闭的可能性。

华北石油勘探开发设计研究院生油室在提供实验数据及有关资料方面给予了大力支持, 谨致谢意。我院研究生高跃斌、张有成及贺志勇参加了部分工作。

(收稿日期 1984年4月25日)

参 考 文 献

- [1] 郝石生, 1984, 碳酸盐生油岩有机质丰度及其演化特征. 石油实验地质, 第6卷, 第1期.
[2] 郝石生、冯 石, 1982, 碳酸盐岩油气分布的控制因素. 天然气工业, 第2卷, 第2期.
[3] 郝石生、冯 石, 1982, 渤海湾盆地(华北地区)震旦亚界原生油气藏的形成条件及远景初探. 石油勘探与开发, 第5期.

PROSPECT OF PRIMARY OIL AND GAS OF THE MIDDLE-UPPER PROTEROZOIC IN HEBEI- LIAONING DEPRESSION

Hao Shisheng

(*Peijing Postgraduate School, Huadong College of Petroleum*)

Abstract

The middle-upper Proterozoic in Hebei-Liaoning depression covers an area of about 70,000 km², and is composed mainly of carbonates. A lot of oil shows have been found within the depression.

According to the type and abundance of organic matters there, it is suggested that the Gaoyuzhuang, Wumishan, Hongshuizhuang, Tieling and Xiamaling Formations are all capable of generating hydrocarbons, but the most favourable source-reservoir-cap assemblage are the Hongshuizhuang, Tieling, Xiamaling Formations. The maturity of organic matters vary with places. At present, organic matters in Jibei, Liaoxi and Xuanlong depression are in a status of matured stage, those in Jizhong depression have reached highly matured to wet gas stage, while others in the other basins are in over-matured stage.

According to the study of Shuangdong anticline, it is believed that oil was formed mainly in the periods of Indo-China and Yenshan movements. Finally, oil promising areas in the middle-upper Proterozoic are suggested in this paper.