

冀中、冀南地区石炭、二叠系发育 及其含油气远景

安延恺 林浩然

(华北石油管理局第二勘探公司)

本区石炭、二叠系埋深1500—4600 m, 主要残留在断陷构造及古向斜中, 分布面积3万多平方公里, 总厚达1000 m以上。上石炭统太原组及下二叠统山西组为煤系, 有机质丰度高, 已成熟, 是较好的油气源岩。石炭、二叠系可自成生储盖组合, 又可从上覆下第三系中获得油气。从构造运动及热演化条件分析, 主要生油气期为喜山期, 次为燕山期。文安斜坡的油气远景较好, 廊坊地区次之; 冀南地区应以找气为主。

自冀中及冀南地区开展大规模油气勘探工作以来, 在不同地段都有一部分探井钻遇石炭、二叠系, 並不断发现其中有油气显示。特别是在冀中文安地区的二叠系获得工业油气流以后, 更引起各方面的关注。区内石炭、二叠系多分布于下第三系生油凹陷内或其周缘, 面积达三万多平方公里, 具有一定的油气生成条件。本文旨在根据近年的勘探成果, 对区内的石炭、二叠系基本情况及其含油气性进行分析和探讨, 为今后勘探工作提供参考。

一、石炭、二叠系发育的基本情况

华北地块的石炭系属中、上统。中统的本溪组为一套海相为主的海陆交互相含煤沉积, 下部以铝土页岩和鸡窝状铁矿与中奥陶统接触, 上部则为泥、页岩及灰岩夹薄煤层。上统的太原组亦为一套海陆交互相含煤沉积, 本溪组与太原组之间可能存在沉积间断。

下二叠统山西组为一套灰白、深灰、黑色泥岩、粉砂质泥岩、铝土质泥岩及粉砂岩, 夹中细粒砂岩, 普遍有菱铁矿结核, 并含煤层及煤线。其上为下石盒子组, 主要由黄绿、灰绿色中细粒砂岩、泥岩及炭质泥岩组成, 与山西组为连续沉积; 靠顶部间夹紫红色或杂色泥岩及1—2层铝土质泥岩, 偶见黄铁矿结核, 並局部含砾、薄煤层及煤线。上二叠统上石盒子组可以三分: 下部以黄绿、灰绿色中细砂岩、粉砂岩与紫红色泥岩、粉砂质泥岩互层为主, 局部夹铁质结核, 基本上不含可采煤层; 中部以黄绿、灰白色含砾中粗粒砂岩为主; 上部以紫红、暗紫及杂色泥岩与粉砂质泥岩为主。总厚度达400 m。与上覆石千峰组呈平行不整合接触。石千峰组岩性亦可三分: 底部黄绿、紫红色含砾中粗粒长石砂岩; 中部为紫红色中细粒长石砂岩和砂岩、泥岩互层; 顶部为紫红色

泥岩（普遍含钙质结核），局部夹薄层或透镜状灰岩。总厚仅400 m。通过近年来的普遍勘探，已基本掌握本区石炭、二叠系的残余分布状况；大致是赋存于一些大型古向斜及断陷中。在地理位置上自北而南有四大片（图1）。

1. 廊坊地区 残余厚度20—680 m不等，一般300—400 m；埋深1700—4300 m，一般为2000—3000 m。石千峰组已全部被剥掉，仅局部地段有上石盒子组，与上覆下第三系不整合接触。

2. 霸县以东地区 包括文安斜坡及里坦地堑等。多分布有残余厚度在百米以上的石千峰组；埋深1500—4200 m，一般1900—3400 m。在里坦地堑、文安斜坡北段及以北，有三叠、侏罗、白垩系；文安斜坡中段则为白垩系不整合覆盖于石千峰组或上石盒子组之上；在文安斜坡南段则为下第三系直接不整合于上石盒子组之上。

石炭、二叠系总厚度在里坦地堑为1060 m；文安斜坡北段为910 m，南段为800 m左右。

3. 深县地区 下石盒子组及其上地层多已剥蚀，多数探井只见到山西组及以下地层，有些井仅见有石炭系。一般埋深3000—3400 m。下第三系不整合盖于其上。

4. 南宫及邢台—邯郸地区 属老第三纪的隆起区。石炭、二叠系在南宫总厚约600 m；未见石千峰组，上石盒子组之上为上第三系或中生界不整合覆盖；一般埋深1200—1600 m。邢台—邯郸一带则厚度在1000 m以上，保存较全；其上也为上第三系或中生界，但个别地段也见有厚度不大的下第三系；一般埋深1100—1800 m。

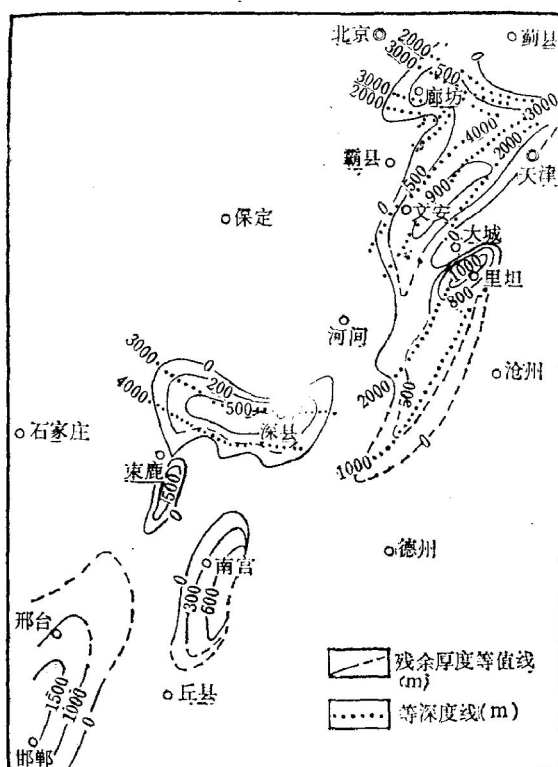


图1 冀中、冀南地区石炭、二叠系残余分布图

二、石炭、二叠系油气生成与聚集

（一）油气生成问题

区内山西组及太原组均发育有一定数量的煤层及炭质泥岩，并有较多的深灰色泥岩；暗色泥岩厚度一般占组厚度的40—50%（表1）。

从煤层发育情况来看，北部廊坊及文安斜坡一带较好；深县地区虽煤层不多，但炭质泥岩较发育。因此，生成天然气及轻质油是有基础的。据少数煤样品生油地化指标分析，氯仿沥青“A”含量可达0.2%以上。

表 1

地 区	下 石 盒 子 组		山 西 组		太 原 组		镜质体反射率 (R_o)
	暗色泥岩	煤 层	暗色泥岩	煤 层	暗色泥岩	煤 层	
廊 坊	38.5 m (29%)	局部见薄煤层	109 m (45%)	4层厚14m至 9层厚30m	80 m (53—57%)	10—11层总厚 22—28m	0.55—1.79%
文安斜坡 北 段	77 m (44%)	无	64 m (42%)	12层 厚27 m	55 m (41%)	3层 厚6 m	0.55—1.83% 个别2.45%
文安斜坡 南 段	15—18 m (10—13%)	无	70—93 m (43—49%)	9层19 m, 个别探井未 见煤层	72—78 m (44—50%)	9—11层 厚27—33 m	0.46—0.95%
里坦地堑	50 m (29%)	无	52 m (35%)	8层 厚9.5 m	66 m (49%)	6层 厚8 m	
深 县	105 m (41%)	含煤线	70 m (43%)	无	79 m (63%)	3层 厚3 m	0.6—0.96%
南 宫	41 m (19%)	无	82 m (41%)	9层 厚12 m	50 m (70%)	2层 厚2.5 m	
邢台-邯郸	152 m (53%)	见薄煤层	85 m (46%)	有煤层	60 m (40%)	9层	0.63—1.37%

注: 1. 表中数字是从少数探井的岩屑录井资料统计而来, 其煤层厚度包括了部分炭质泥岩夹层在内。

2. 括号内的数字为暗色泥岩占该组厚度的百分比。

煤系中的深灰、灰色泥岩所含的剩余有机碳较丰富, 一般为 0.5—1.0%, 炭质泥岩 (包括部分灰色泥岩) 则大于 1%。灰色、深灰色泥岩的氯仿沥青“A”含量为 0.048—0.115%, 炭质泥岩可高达 0.6058%。总的是达到了中等或好的油气源岩标准。经热解色谱分析, 灰色泥岩的 $S_2/S_3 > 5.5$, 表明在以腐殖型有机质为主的煤系中也夹有腐泥型或混合型的有机质。当然也有少数样品“A”值太低, 达不到油气源岩的水平。

从石炭、二叠系煤层及炭质泥岩中镜质体反射率 (R_o) 都大于 0.5%, 说明均处于成熟阶段。

总之, 石炭、二叠系的煤系, 不失为一套较好的油气源层。

关于石炭、二叠系油气生成时间。区内自二叠纪以来经历过多次运动, 印支运动有一定的影响, 但当时石炭、二叠系能否达到油气生成的门限深度, 尚缺乏充分的证据。文安斜坡南段有一口探井, 在井深 1129 m 钻穿上第三系进入二叠系 (从区域地质历史分析, 这里未接受下第三系及中生界的沉积), 石炭、二叠系总厚 880 m, 与附近对比, 保存较多; 在井深 1561 m 的炭质泥岩镜质体反射率 (R_o) 为 0.34—0.48%, 井深 1824—1830 m (相当于太原组顶部), R_o 为 0.5—0.64%, 平均 0.57%。又在其东侧的里坦地堑的另一口探井, 上第三系之下有厚 230 m 的下第三系及 650 m 的中生界, 石炭、二叠系总厚也达 960 m。同样在相当于太原组顶部 (井深 2915—2918 m 的煤层, R_o 为 0.56—0.8%, 平均 0.67%。两井相比, 层位相同, 埋深相差 1100 m (接近于下第三系及中生界的沉积补偿厚度), 而 R_o 值相差并不大, 仅 0.1% 左右。因此推论, 在印支期末, 一些三叠及二叠、石炭系沉积较厚的地带, 石炭系的煤系可能有一部分达到了油气的生成阶段。不过, 印支运动后石炭、二叠系曾普遍受到剥蚀, 因此纵使能生成一部分油气, 亦已大部分散失, 其聚集和保存都较为复杂和局限。

燕山运动的影响,其规模一般大于印支运动,表现在侏罗、白垩系及其与上下地层之间均呈不整合接触,且有岩浆活动。特别本区北部因靠近燕山褶皱带,这种影响更为明显。如廊坊以北石炭、二叠系在埋深 2580—2800 m 时,煤及炭质泥岩中的镜质体反射率 (R_o) 达 1.19—1.70%,而往南在同样的埋藏深度, R_o 只有 0.69—0.79%,最大不超过 1%。在文安斜坡北段,石炭、二叠系在井深 2820—2840 m 煤层的 R_o 平均值为 0.84%。文安斜坡中段和深县地区的情况类似(表2)。

表 2

深 县 地 区			文 安 斜 坡 中 段		
埋 深 (m)	岩 性	R_o (% , 平均值)	埋 深 (m)	岩 性	R_o (% , 平均值)
3273—3274	炭 质 泥 岩	0.77	2882	黑 色 泥 岩	0.53
3293—3294	煤	0.71	2986	煤	0.54
3355—3356	煤, 灰 色 泥 岩	0.83	3038	炭 质 泥 岩	0.76
3458—3465	煤	0.73	3079	深 灰 色 泥 岩	0.86
3782—3783	煤	0.74	3104	炭 质 泥 岩	0.84
4653—4654	煤	0.96	3160	深 灰 色 泥 岩	0.89
			3622—3630	煤	0.84
			3771—3831	煤	0.91
			4225—4245	炭 质 泥 岩	1.68
			4760	煤	1.83

在一些叠加于石炭、二叠系之上的断陷带内,从地震反射资料分析,中生界厚度可达 2000 m 或更大,无疑,其中的石炭、二叠系,至少是石炭系会生成一定数量的油气并在适当的场所聚集起来。

考虑到区内石炭、二叠系之上一般都覆盖有厚度大于 1500 m (最大超过 4000 m) 的第三系,同时早第三纪存在火山活动;特别是本区的中、北部,从始新世至渐新世有多期的玄武岩喷发,个别探井见夹玄武岩达 50 层之多,总厚度达 275 m。上第三系与下第三系之间,下第三系内部都存在有明显的不整合。无疑在喜山期内,石炭、二叠系所承受的温度、压力会不断增加;其中的含煤岩系,可再度生成油气。同时,使早期已经富集起来的油气再度发生运移和重新聚集。

总之,区内的石炭、二叠系可能有多次油气生成期,但比较重要和有意义的应首推喜山期,其次为燕山期。

(二) 油气藏形成条件

石炭、二叠系沉积以后,印支期的构造运动影响虽较明显,但并不激烈;而燕山运动叠加给它的影响是深刻的。由于本区燕山-喜山期以断裂运动为主,故石炭、二叠系缺乏完整的背斜构造,而多表现为断块形式;纵使在印支期形成的一些古老背斜,也遭后期断裂运动的破坏而形成断块。故其油气藏也多断块构造型或与地层不整合共同组成

的混合类型。图2所示横剖面的地质结构在本区具有代表性(少数地区有三叠系,有些地方二叠系或石炭系之上直接为下第三系甚至上第三系不整合覆盖)。

文安斜坡上发现的两个以气为主的油气藏,都以二叠系上石盒子组的砂岩为储层;但在一些探井中,无论下石盒子组或山西组及石炭系,都曾见到油气显示。现根据其地质结构及其它有关情况,探讨一下石炭、二叠系油气藏的形成条件。

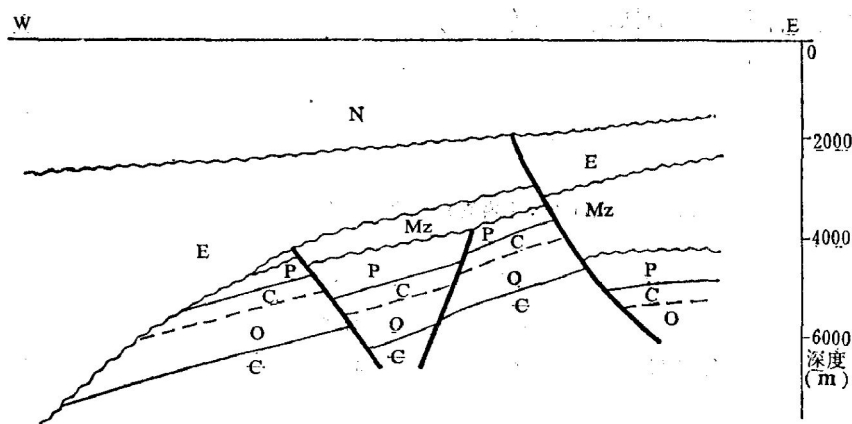


图2 文安地区地质构造横剖面图

油气源条件:本区二叠系及石炭系油气的来源途径主要有二:其一,本身生成的油气;其二,来自下第三系生油岩。下古生界以海相碳酸盐岩为主,从已知资料,其剩余有机碳含量一般偏低,为0.07—0.19%;氯仿沥青“A”含量为0.0125%;总烃含量一般只有20—30 ppm,很不理想。从二叠系所含天然气的甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)资料分析,亦不象海相来源。

石炭、二叠系的储层是普遍存在的,其中以上石盒子组较好,该组为砂岩、含砾砂岩与泥岩的不等厚互层;砂岩极发育,累计厚达100 m,占该组厚度的56—62%甚或更大;砂岩连续厚度一般5—10 m,最大20多米。文安斜坡发现的天然气藏就产于该组砂岩,其孔隙度平均16.3%,渗透率平均为65 mD(7 m岩心中的49块样品),最大404 mD;日产天然气200000 m^3 和轻质油(比重为0.774)100 m^3 以上。下石盒子组、山西组及太原组也夹有不少砂岩,其中有的物性条件较好,孔隙度可达16%,少数大于20%。在石炭、二叠系煤系中所夹的砂岩,不少探井见到明显的荧光反应或直接的油气显示。

由于石炭、二叠系为砂岩、泥岩的不等厚互层,其煤系中又有较丰富的有机物质,且具备转化为烃类的条件,因此,其自身就构成了一个大型的生储盖组合,并可分为若干小的生储盖组合;既可形成“下生上储”式,亦可形成“自生自储”式的油气藏。

根据冀中不同层系中所含油气的性质分析,具有以下特征。

1. 原油(或凝析油)的族组分

由表3¹⁾可见,文安斜坡二叠系所含轻质油的族组分既不同于该区上部的东营组原

1) 资料来源于华北石油勘探开发研究院所编《生油数据手册》。

表3

地 区	地 层	饱 和 烃 (%)	芳 香 烃 (%)	沥 青 质 (%)	非 烃 (%)
文 安 斜 坡	奥 陶 系	63.19	26.96	2.23	6.20
文 安 斜 坡	二 叠 系	70.60	14.80	0.05	14.55
文 安 斜 坡	下第三系东营组	58.52	20.05	10.61	15.80
霸县凹陷南部	下第三系沙四段	72.93	14.98	1.10	10.99
霸县凹陷西部	下第三系沙四段	70.80	12.90	4.58	7.05

油，也不同于该区地腹的奥陶系原油，而与霸县凹陷沙四段所含原油有类似之处。后者所含油气是它自身的产物。

2. 文安斜坡中段各层的原油性质

表4也说明，二叠系所含原油性质不同于其上、下地层所含的原油。

表4

项 目 层 位	比 重 d_4^{20}	粘 度 50℃ (厘泊)	凝 固 点 (℃)	含蜡量 (%)	沥青质+胶质 (%)	初 馏 点 (℃)	深 度 (m)
下第三系东营组	0.8658	20.13	34	10.67	18.23	84	2407—2466
二 叠 系	0.7740	1.2	-5	3.99	0.96	64	3344—3392
奥 陶 系	0.8585	4.23	29	15.5	10	102	4214—4268

3. 天然气中甲烷碳同位素

由表5¹⁾得知，二叠系与奥陶系所含天然气的甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)数值一致；而与下第三系有别。文安斜坡奥陶系所含天然气中有较高的汞蒸气含量(199000—204000 $\mu\text{mg}/\text{m}^3$)。因此认为奥陶系天然气至少有部分来源于石炭、二叠系煤系中。又根据 $\delta^{13}C_1$ 值相一致的情况推论，二叠系与奥陶系所含天然气有相同的来源。

表5

地 区	地 层	埋藏深度 (m)	$\delta^{13}C_1$ (%)	CH_4 (%)
文 安 斜 坡	二 叠 系	3400	-37.3 (PDB)	77.64—79.4
	奥 陶 系	4400—4650	-37.8	84.5—86.84
霸 县 凹 陷	下第三系东营组	2900	-45.5	55.34

文安斜坡二叠系天然气的来源，从其所处的地质环境和地质结构分析，可能主要来源于煤系；而原油则可能具有“自生自储”和“新生古储”混合来源。

1) 资料来源于华北石油勘探开发研究所编《生油数据手册》。

三、含油气远景分析

综上所述,冀中、冀南地区的石炭、二叠系具有油气生成与聚集条件,不失为一套有远景的含油气层系。当然,由于地质条件的差异,各区含油气远景又有所不同。全面衡量,以霸县以东的文安斜坡较理想。这里石炭、二叠系保存较全,仅部分地段二叠系的石千峰组完全被剥掉;上、下石盒子组都有较好的储集砂岩,同时二叠系下部及石炭系都有油气源层,故存在着良好的生、储、盖组合条件。钻井也已证实,上石盒子组砂岩含高产油气,石炭系的砂岩及灰岩亦见油显示。区域构造上它处于北东走向基本西倾的大斜坡背景上,发育着数排走向相同的断裂构造带,存在着若干有效的断块圈闭。二叠系顶部埋深从东向西增加。最大达4200 m,一般上覆有中生界。西临霸县老第三纪生油凹陷,侧向与下第三系沙河街组不整合接触(见图2)。因此,它还可以获得下第三系的油气而具有双重油气源。但文安斜坡的北段至武清一带,下第三系生油条件差,故这里只能寻找煤系形成的油气。

廊坊地区的个别断块,其基本地质条件与文安斜坡类似,石炭、二叠系分布在一个向东北倾伏的断块中,被下第三系沙四段一孔店组不整合覆盖。后者既是盖层又是好的油气源层,所以石炭、二叠系同样具有双重油气源。不过这里的大部分断块,上石盒子组甚至下石盒子组已被剥蚀,储集条件已不如文安斜坡。但在钻井中于石炭系砂岩常见高级别的荧光反应及油显示,最近有一口探井也出了少量石油。因此,这里还可以寻找山西组及石炭系砂岩为储层的油气藏。

在束鹿、深县一带,石炭、二叠系主要分布于第三纪深凹陷内的断块中,埋深一般在3000—3400 m,亦为下第三系沙三、沙四段或孔店组不整合覆盖(这里的下第三系亦属主要油气源层)。因此,不乏油气来源。虽这里的二叠系上部多数已被剥蚀,仅余山西组以下或只残存石炭系,但在勘探过程中,石炭系所夹砂岩亦有原油或荧光显示,个别探井气测异常极为明显。因此,在这里可以找煤系中的砂岩油气藏。此外,估计仍有一些断块会存在着上、下石盒子组的砂岩储层可供勘探。

文安东南的里坦地堑及冀南的邢台-邯郸一带,石炭、二叠系保存较完整,自身可成一套生、储、盖组合。因它主要分布在老第三纪隆起区的古向斜及中生代断陷内,一般上覆有中生界或仅见上第三系,埋藏不深(上石盒子组埋深1500—2500 m)。但在邢台、邯郸以东的一些探井中,煤系的热演化程度却较高,埋深2200 m的煤层,其镜质体反射率(R_o)为0.63%,埋深3150 m处 R_o 可达1.37%;在里坦地堑的钻井中已见到明显的可燃气体显示。因此,在这些地区寻找煤成气藏是值得重视的。

THE CARBONIFEROUS AND PERMIAN SYSTEMS IN CENTRAL AND SOUTH HEBEI AND THEIR HYDROCARBON POTENTIAL

An Yankai Lin Haoran

(The Second Company of Petroleum Exploration, Huabei Petroleum Administration)

Abstract

The Carboniferous and Permian Systems in central and south Hebei Province, remained primarily in some fault-depressed basins and paleosynclines, distributed within an area of more than 3000km² with buried depth of 1500-4600m and a total thickness of more than 1000m. In the Permian System, the Shiqianfeng Formation, the Upper and Lower Shihezi Formations are mainly terrestrial clastic sediments formed in oxidizing environment, the Shanxi Formation is coal-bearing strata; the Benxi and Taiyuan Formations of the Middle and Upper carboniferous are transitional facies of terrestrial and marine sediments in which the Taiyuan Formation consists of coal measure.

The Shanxi Formation contains 4-12 coal beds with a total thickness of 8.5-27 m, the Taiyuan Formation contains 2-11 coal beds, with a total thickness of 2.5-33.5 m. Much carbonaceous and dark mudstones can be found in coal measures. The content of chloroform bitumen "A" is more than 0.2% in the coal beds, the content of residual organic carbon is generally 0.5-1.0% and chloroform bitumen "A" is 0.048-0.115% in the dark mudstones. Vitrinite reflectance of them is greater than 0.5%. These indices show that they are favourable source rocks.

To analyze the hydrocarbon generation of the basin in accordance with tectogenesis and the conditions of thermoevolution, the Himalayan phase is considered to be an important period, and then the Yanshan phase.

The Carboniferous and Permian Systems here have composed a great source-reservoir-cap rock assemblage, which can receive oil and gas from the overlying Eocene too. Thus the assemblage has double oil sources. The trap type on the whole is considered to be fault-block type.

The authors suggest that Wen'an Slope is the most favourable area in oil and gas prospects, and then Shenxian and Langfang ranges; as for the south of Hebei, it is better to seek coal-formed gas.