

文章编号:0253-9985(2004)04-0385-08

鄂尔多斯盆地多种能源矿产富集规律的比较

魏永佩,王毅

(中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:鄂尔多斯盆地蕴藏着丰富的石油、天然气、煤炭和铀。在纵向上,石油、煤和铀矿主要分布在侏罗系,天然气主要分布在二叠和奥陶系,天然气位于石油和铀矿的下方,并紧邻石炭-二叠系煤系的上下层位。在平面上,石油位于盆地中南部,铀矿位于盆地边部(北部和西缘),天然气和煤炭资源在全盆地均有分布,可采的煤炭位于盆地边部。在加里东晚期至海西期的古风化壳上形成的古岩溶和广泛分布的大型辫状河三角洲前缘沉积分别控制了上古生界和上古生界天然气的分布,构造转折期和古气候控制了聚煤期,氧化-还原环境控制了铀矿的聚集。盆地多能源成矿演化具有明显的阶段性,具有商业价值的能源矿产聚集成藏的顺序依次为:煤→铀→气→油。伊陕斜坡是进行石油、天然气、煤炭和非常规天然气勘探的理想地区;天环坳陷、西缘逆冲带可开展油-气-煤-铀矿的联合勘探;伊盟隆起、渭北挠褶带和晋西挠褶带可进行煤炭、煤层气和铀矿的协同勘探。

关键词:石油;天然气;煤炭;铀;分布;成藏;对比;协同勘探;鄂尔多斯盆地

中图分类号:P617

文献标识码:A

Comparison of enrichment patterns of various energy resources in Ordos basin

Wei Yongpei, Wang Yi

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract: Ordos basin is prolific in oil, gas, coal and uranium resources. Vertically, oil, coal and uranium distribute mainly in Jurassic, while gas distributes mainly in Permian and Ordovician; natural gas is located below oil and uranium, and closely above and/or below the Permo-Carboniferous coal measures. Laterally, oil distributes in the central and southern parts of the basin, uranium deposits are located in the northern and western edges of the basin, natural gas and coal distribute in the whole basin, and recoverable coals distribute in the basin margin. Gas distributions in Lower and Upper Paleozoic have been controlled by the palaeokarsts formed in the late Caledonian to Hercynian fossil weathered crusts, and the widely distributed large braided river delta front sediments, respectively. The accumulation of coal has been controlled by the turning stage of tectonism and palaeoclimate, and the enrichment of uranium has been controlled by oxidation-reduction environment. The minerogenic evolutions of various energy resources in the basin are characterized by their obvious phasic development, and the commercial energy resources have been accumulated in a sequence of coal→uranium→gas→oil. Yishan slope area is favorable for exploration of oil, gas, coal and unconventional gas; Tianhuan depression and the thrust belts on the western edge of the basin are favorable for joint exploration of oil, gas, coal and uranium; Yimeng uplift and Weibei and Jinxi flexural fold belts are favorable for joint exploration of coal, coalbed methane and uranium.

Key words: oil; natural gas; coal; uranium; distribution; accumulation; comparison; joint exploration; Ordos basin

煤、石油、天然气、非金属矿和金属矿的形成都是自然界成矿作用的有机组成部分,相互之间关系密切^[1]。在国外,一些学者通过放射性方法

预测油气的分布^[2~7]。在我国的一些含油气盆地中已发现了铀矿或矿化点,研究者从理论上讨论了从油气勘探中兼探铀,或铀地球化学特征在油

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目“多种能源矿产共存成藏(矿)机理与富集分布规律”(2003CB214600);“九五”国家重点科技攻关项目“中国大中型气田勘探开发研究”(99-110)

第一作者简介:魏永佩,男,41岁,高级工程师(博士),油气地质勘探

收稿日期:2004-06-28

列,尚未将这些矿种纳入一个统一的系统(体系)进行综合研究^[26~39]。本文以鄂尔多斯盆地为例,通过综合对比分析,从石油、天然气、煤炭和铀的时空分布,成藏主控因素等多个方面研究了多种能源矿产成藏的异同性,探讨了多种能源矿产成藏(矿)的规律性,并试图建立多种能源矿产协同勘探模式,供有关勘探部门参考。

1 时空分布

在纵向层位上,石油、煤和铀矿主要分布在侏罗系,天然气主要分布在古生界的二叠系和奥陶系,天然气位于石油和铀矿的下方,并位于石炭-二叠系煤系的上下紧邻层位(图 1)。在平面上,石油位于盆地中南部,铀矿位于盆地边部(北部和西缘),天然气和煤炭资源在全盆地均有分布,可采的煤炭位于盆地边部,已发现的天然气田主要分布在盆地北部。在加里东晚期至海西期的古风化壳上形成的古岩溶和广泛分布的大型辫状河三角

地层	代号	油	气	煤炭	铀
新生界	Q				
	N+E				
中生界	K				
	J	●	⊙≡	■	☆
	T	●	⊙	■	
古生界	上古	P	○≡	■	
		C	≡	■	
		D	缺 失		
	下古	S			
		O	○		
		ε			

注.: ●石油; ⊙溶解气; ○气层气; ≡煤层气; ■煤; ☆铀

图 1 鄂尔多斯盆地已发现油、气、煤、铀矿层位分布图
Fig.1 Distribution of discovered oil, gas, coal and uranium deposits in Ordos basin

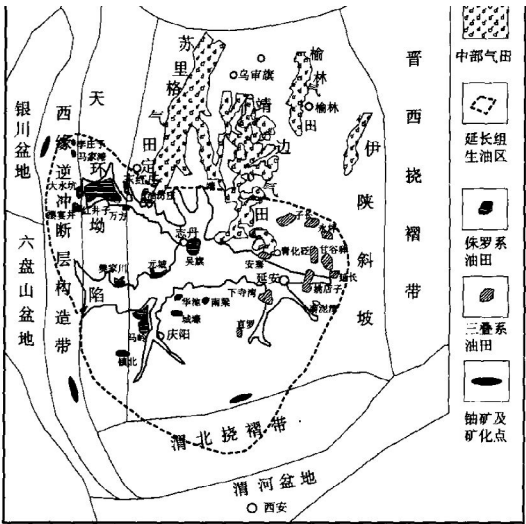


图 2 鄂尔多斯盆地已发现能源矿产分布图
Fig.2 Distribution of discovered energy mineral resources in Ordos basin

1.1 石油

印支运动末盆地抬升,在生油拗陷范围内,形成了一条近东西向侵蚀河谷。在此基础上形成的早侏罗世古河流体系,控制着油田的分布。深切的河谷沟通延长组油源,有利于油气的垂向运移。从古河道与油田的分布关系来看,延安组油田绝大多数分布在古河道的两侧,而河道主体部位则无重要油田的分布。在该区分布的油田主要呈透镜状砂岩,展布面积小,物性好。

鄂尔多斯盆地上三叠统延长组油田受控于三角洲沉积体系。在盆地西侧,自西向东排列着盐池、定边、吴旗、志丹-靖边和安塞三角洲。东部发育延安、富县和黄陵三角洲。由于盆地南倾,盆地南岸相对较陡,水体较深,碎屑岩粗者近岸堆积,越往盆地中心越细,形成一片水下沉积体,到前缘分成三支水下浊流扇。这种河流三角洲砂岩的储集性能较好,控制着上三叠统油田的空间分布。

1.2 天然气

在鄂尔多斯盆地上古生界产层主要有下石盒子组、山西组和太原组。分流河道砂岩与三角洲是上古生界气藏的主控因素。下古生界奥陶系碳酸盐岩气藏是在加里东晚期至海西期的古风化壳上形成的。在长达300 km的靖边—横山—杏河古潜山东侧,分布着大体等间距的东北向和东南向的古潜沟,切穿储集层、铝土质泥岩和暗色泥岩,沟通东部上翘方向的区域遮挡,呈近南北向的长庆气田就是在这样的背景下形成的。盆地北部上古生界存在的大型广泛分布的辫状河三角洲前缘沉积,在低孔低渗背景下发育的高孔渗石英砂岩储层控制了榆林和苏里格庙气田的分布。

1.3 煤层

鄂尔多斯盆地自下而上共分布3套煤层:石炭—二叠系、三叠系和侏罗系。其中石炭—二叠系的煤层主要分布在太原组和山西组,在全盆地均有分布,埋深在2 000 m以下的煤层分布在盆地的边部。三叠系的煤层主要分布在瓦窑堡组,在平面上位于黄陵、富县、延安、子长、子洲一带。侏罗系的煤层分布在延安组,全盆地均有分布,埋深大于2 000 m的煤层位于盆地西部,小于2 000 m的煤层位于盆地其他地区。

1.4 铀

在盆地北部的东胜地区发现了铀矿,矿体赋存在中侏罗统的直罗组下段,主要岩性为灰色—灰绿色中粗粒长石岩屑砂岩,地层直接覆盖在中侏罗统延安组煤系之上。

2 富集规律比较

在鄂尔多斯盆地分布的石油、天然气、煤和铀在纵向上和平面上具有一定的规律。在纵向上,

格控制,延长组已探明的石油地质储量占盆地中生界储量的84%,延长组发现的石油地质储量占中生界总储量的14.5%,另外在侏罗系直罗组发现的石油地质储量为 $385.9 \times 10^4 \text{ t}$ [40]。

在平面上,盆地南部位于三叠系生烃中心,延长组的三角洲前缘河口坝、水下分流河道砂体浊沸石含量高、溶孔发育,是高孔渗带发育区,是石油最有利的聚集带。石油沿上翘方向向北部运移,远离了生烃中心,石油的聚集量逐渐减少。在平面上,石油的分布呈环带状绕生烃中心分布。稳定的构造沉降史、较低的孔渗特征和不发育的断裂构造,导致油气的运移距离较短,也是油藏分布受生烃中心控制的直接原因。

据研究 [23],侏罗系的油藏也受到三叠系烃源岩的严格控制。侏罗系底部河床相复合砂体沉积侵蚀切割的延长组古河道之中,侵蚀切割延长组油源,接受延长组运移上来的大量油气,而后向上或侧翼输送,并圈闭在输导层上翘方向的超覆尖灭处或差异压实之中。这里需要强调的是,断裂的作用对侏罗系的石油运聚的作用也不能忽视。在鄂尔多斯盆地,从盆地边缘向盆地中心,断裂的发育程度由强变弱。如在靠近西缘的红井子—王家场地区油藏存在裂缝网络系统 [40],造成了石油分布层位增多,石油层位总体偏上,而在远离西缘的东部地区含油分布仅限于延安组底部的砂岩中。

2.2 天然气

鄂尔多斯盆地的天然气集中分布在古生界,下古生界天然气分布在中央古隆起东部斜坡奥陶系古岩溶阶地区,上古生界天然气分布在盆地北部二叠系山西组和下石盒子组 [40,41]。

2.2.1 下古生界

鄂尔多斯盆地古生界天然气分布在奥陶系

期,石炭-二叠系的煤系和奥陶系的烃源岩分别达到生排烃的高峰期,而古岩溶系统处于流体的低势区,生成的天然气向下充注到奥陶系顶部溶蚀孔隙和裂缝均很发育的岩溶体系中。

鄂尔多斯盆地长庆气田位于盆地中央古隆起北端东侧,古凹今坡,占有全方位聚气的有利部位。一般认为^[45],从寒武纪至三叠-侏罗纪一直为相对低部位,或大致呈东倾的斜坡,处于南北两个古生界生烃中心之间。在早白垩世才表现为东升西降,处于向西倾的斜坡部位,结果导致油气早期从东向西,从南北向中部的中央古隆起北侧的斜坡部位运聚。晚期则从西向东,沿着层间流动或沿奥陶系顶部风化壳淋滤渗流带向东大规模运移,并聚集成藏。一方面造成奥陶系天然气向上运移,沿压力梯度向奥陶系风化壳的高部位运移,一方面上古生界天然气向沟槽两侧奥陶系储集体运移,并富集在低势区奥陶系古潜山的高部位。在早白垩世后,盆地东部抬升,气田最终定位。

这里须强调的是油气从西向东运移的时间问题。赵孟为^[46]根据磷灰石裂变径迹资料研究,认为鄂尔多斯盆地抬升剥蚀的确切时间发生在中新世(23 Ma),而不是通常认为的早白垩世或更早^[45]。23 Ma盆地剥蚀抬升以前,中生界尚没有显著的厚度差别与现今的西倾状态。只是在中新世快速剥蚀抬升事件发生以来,盆地东部的抬升较西部的抬升弱,从而造成盆地的地层发生区域性西倾,天然气便发生自西向东的区域性运移。

2.2.2 上古生界

鄂尔多斯盆地上古生界共发现苏里格(庙)、榆林、乌审旗和长东4个大型气田。这些气田的形成与石炭-二叠系的煤成气聚集密切相关^[41]。煤系有机质含量较高,目前,盆地大部分地区有机质已进入成熟-过成熟阶段,受沉积中心和热演化中心控制,在盆地中东部、西部的乌达和桌子山形成3个生烃中心^[43],已发现的上古生界气藏多分布在生烃中心及其周边。在盆地北部近南北向展布的石嘴山、杭锦旗、靖边和米脂三角洲控制了上古生界气田的平面展布^[40]。

已发现的天然气主要分布在本溪组、太原组、山西组和下石盒子组。其中本溪组、太原组储层砂体西部以潮道砂体和点砂坝为主,东部为浅水三角洲砂体;山西组储集体以三角洲平原分流河道砂岩为主要储集岩,河道中部砂体厚度大,向两

端逐渐变薄,单层砂岩厚3~6 m,宽100~300 m,三角洲前缘河口砂坝在平面上呈朵状或鸟足状,砂岩厚度多为3~8 m,平面分布宽度大于3 km;下石盒子组储集体为三角洲平原分流河道以及前缘朵状砂体,向上逐步演变成曲流河砂体。单个砂层一般厚5~20 m,砂体横断面呈短轴透镜状,平面上呈网状分布,宽度150 m左右;单个含气层段内多砂体形成叠合宽度可达2~10 km,展布范围可延伸60~200 km。区域盖层为上石盒子组的滨浅湖沉积,累计厚度达70~110 m的泥岩。

在晚侏罗世-早白垩世,石炭-二叠系的煤系烃源岩达到生烃高峰期,上古生界的储层建设性改造和盖层的封闭能力也基本定型于这一期间。

2.3 煤

2.3.1 石炭-二叠系

石炭-二叠系的煤在不同部位的煤种是不同的,在北部主要为长焰煤、气煤,中部为焦煤,南部为瘦煤、贫煤和无烟煤。煤属中-富灰、低-高硫煤,其中山西组以产低-中硫煤为主,太原组以高硫煤为多。除北部准格尔为长焰煤外,其他煤产地均为烟煤。东带煤级由北向南变质程度增高:河东煤产地北段(府谷-离石)为气煤,南段(离石-乡宁)为肥、焦、瘦煤,渭北煤田为瘦、贫煤(深部无烟煤)。西带煤多属气、肥、焦煤。河东煤产地南段的离石、柳林、乡宁一带是中国主要炼焦煤基地。

已有的研究成果表明^[47~49],华北地区石炭-二叠纪聚煤盆地于晚石炭世开始接受沉积,太原期海域达到最大规模,其后华北海域逐步缩小,海水退出向陆内广盆发展。因此,石炭-二叠纪聚煤盆地具广盆特点,由海相、海陆交互相和陆相沉积控制,含煤地层的沉积环境可划分为4大类,即河流沉积体系,三角洲沉积体系,碎屑滨岸沉积体系和陆表海-海湾沉积体系。在华北盆地的北部自下而上基本上由河流沉积体系组成。在华北盆地中部地区,下部的太原组和山西组,由三角洲沉积体系和碎屑滨岸沉积体系组成,上部的下、上石盒子组,由河流沉积体系组成。在华北盆地南部地区,下部的太原组、山西组由陆表海-海湾沉积体系组成,上部的下、上石盒子组则由三角洲沉积体系组成。这一特征反映了石炭-二叠纪成煤期聚煤盆地沉积环境的纵、横向变化。华北地区石炭-二叠纪广阔的滨海平原-陆内广盆及温湿气候,反复的海水进退为植物的大量繁衍和生长提

供了优良环境,为煤形成奠定了良好基础。

华北地区石炭-二叠纪聚煤盆地虽具广盆特点,但在鄂尔多斯盆地因三叠-白垩纪巨厚地层的覆盖,石炭-二叠纪煤系只出露于盆地周缘,诸如鄂尔多斯盆地东北部的包头、东胜、府谷、准格尔等煤田,西缘的乌海、贺兰山、韦州等煤田,东缘的河东煤田及南部的渭北煤田等。

石炭-二叠纪煤系以太原组和山西组为主力煤层,按煤层及构造状况可分为3种类型^[28]。渭北型:包括渭北“黑腰带”及吕梁山以西的“河东煤田”。以煤田断裂发育、构造较复杂、变形较强烈为特点,但向盆地内部构造变弱且简单。准格尔型:分布于内蒙古的准格尔旗,可东延至清水河、偏关等河东地区。煤田地质构造简单,为小于10°的平缓单斜,适合露天开采。乌海型:以贺兰山、桌子山地区为代表,以逆冲推覆的褶皱构造为特点。

2.3.2 三叠-侏罗系

三叠系的煤主要为气煤,主要分布在子长-蟠龙一带。在平面上,聚煤中心与沉积中心一致。煤层形成于下三角洲平原区,在三叠纪末期的构造转折期,河流作用减弱,在稳定的构造背景下形成了煤层。

侏罗系煤分布在中下侏罗统,主要为低变质的褐煤和长焰煤。聚煤区围绕盆地沉降中心呈环带状分布。在平面上,侏罗系的煤层主要分布在盆地西部和北部。煤层的分布受三叠系顶部的古风化剥蚀面严格控制,厚度最大的煤层分布在古凹陷的轴部。在北部东胜地区侏罗系的煤层发育齐全,厚度最大的主要可采煤层位于含煤岩系上部。煤层的分布受古气候和构造活动性的双重控制,煤层是在从印支期的挤压上升向燕山期的沉降转化过程中形成的,构造活动性的强弱程度对煤层的厚度控制明显^[32]。

2.4 铀

在鄂尔多斯盆地北部东胜地区发现的铀矿属河道砂岩型铀矿,分布于温湿气候条件下形成的侏罗系直罗组下段辫状河沉积砂体中^[37,38]。直罗组下段的辫状河沉积为一套灰色沉积建造,沉积碎屑以粗砂至中粗砂为主,砂岩层中夹有煤线或薄煤层,并有大量的黄铁矿,这表明当时的沉积环境为富含有机质的还原性环境,创造了铀成矿有利的地球化学环境。

盆地基底的中酸性岩石在太古界及下元古界

变质岩、混合岩、花岗片麻岩中占较大比例,铀丰度较高,为铀成矿提供物质来源。其次盆地以平稳的升降运动为主,剥蚀-搬运-沉积作用发育得很充分,为铀的释出、搬运、富集提供了良好的环境。

中侏罗统(直罗组、安定组)为大型河流相和冲积平原相沉积,具砂、泥岩互层结构,岩石矿物成分中长石含量较高,有机物含量丰富。岩层从下至上颜色由浅灰色变成棕红色,环境从原生还原条件逐步过渡到氧化条件,有利于铀矿形成。

据研究^[25],鄂尔多斯盆地在演化过程中存在4个从潮湿向干旱演化的气候旋回,每个旋回中潮湿期有利于形成石油及煤层和原生还原性的地层,而干早期有利于形成原生氧化性的红色岩层。古气候由温湿向干旱变化的时期既是有利于氧化还原带的形成时期,也是形成铀矿的关键时期。中侏罗统(直罗组和安定组)正好处于这一时期,有利于铀矿的形成,其次是三叠系下统(和尚沟组和刘家沟组)。另外中侏罗统孔隙度相对较大,灰色砂岩中有机物碎屑含量适当,中侏罗世以后气候干旱,富含游离氧的渗入水的顺层流动,形成较大规模的层间氧化还原带。目前在盆地北部东胜地区发现的铀矿就是在以上的条件下形成的。

3 多种能源成矿机理

鄂尔多斯盆地形成和演化具有阶段性,综合起来由5个原型盆地叠加组成,自古到新依次为裂陷槽、复合型克拉通拗陷、联合型克拉通拗陷、大型内陆拗陷和扭张周缘断陷(图3)。本文通过综合天然气、石油、煤和铀的成矿关键要素,结合盆地演化和沉降历史,将盆地多种能源成矿演化划分为3个演化阶段:成矿准备阶段、主要成矿阶段和保存阶段。其中成矿准备阶段又细分为富含铀的混合岩、片麻岩形成,古风化岩溶体系形成和生储盖组合沉积和聚煤3个亚阶段;主要成矿阶段细分为铀聚集、天然气聚集和石油聚集阶段(图3)。综合分析和对比的结果表明,该盆地多种能源矿产聚集成藏的顺序依次为:煤→铀→气→油。

在盆地沉积之前,富含铀的酸性和中酸性火成岩、变质岩、混合岩、花岗片麻岩为铀成矿提供物质来源。在石炭-二叠纪、三叠纪和侏罗纪,由于古气候的变化和构造的转折和沉降作用,存在3个重要的聚煤期,煤系既是形成煤炭的物质

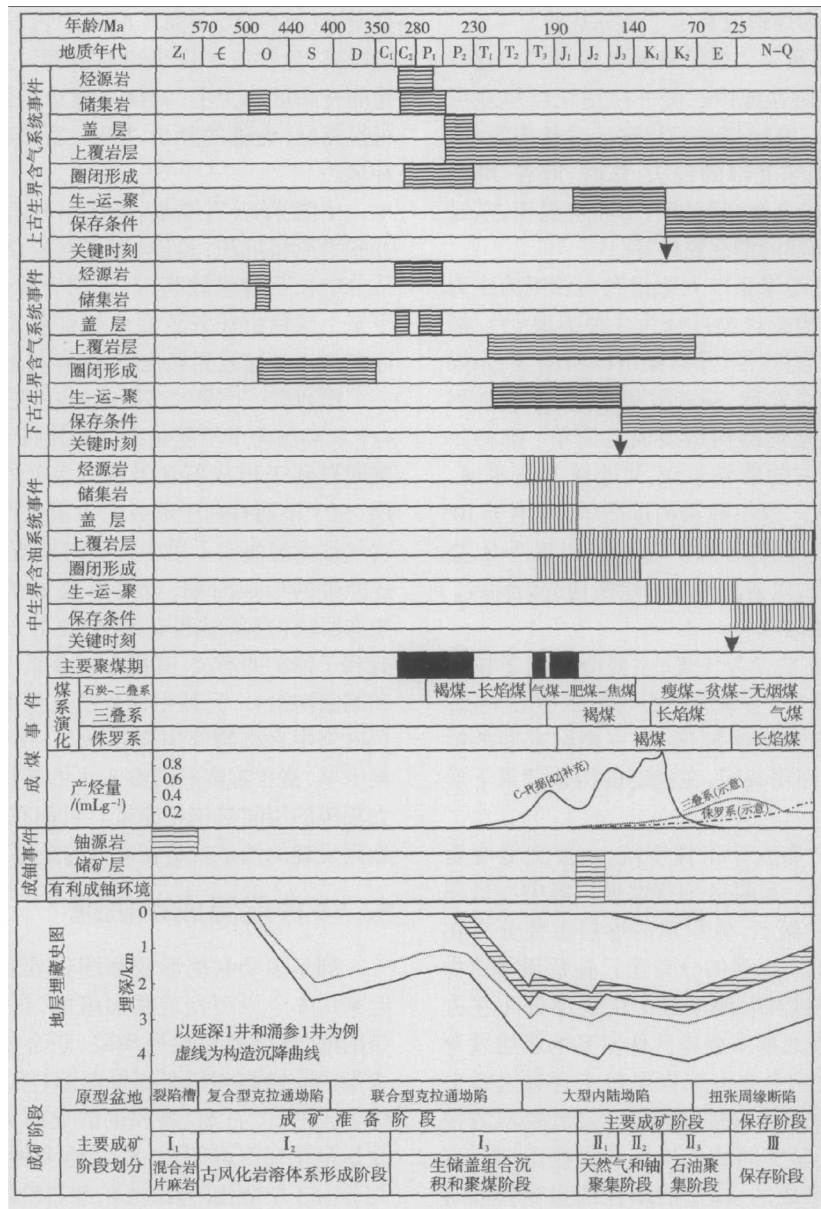


图3 鄂尔多斯盆地多种能源矿产成矿系统综合对比分析图

Fig.3 Comprehensive correlation and analysis of minerogenic systems of various energy resources in Ordos basin

基础,同时也为形成天然气提供优质源岩。然而3套煤层对天然气的贡献大小差异较大,这主要归因于早期形成的石炭-二叠系煤系演化程度高,具有较大的生排烃潜力,是上下古生界天然气的最主要源岩。而三叠-侏罗系的煤系成熟度较低,尚未达到生排烃的高峰期,它们只能作为低阶度的煤。另外,中侏罗世古气候由温湿向干旱的转化时期形成的氧化-还原带也促使了铀矿的聚

集成藏。在晚侏罗世-白垩纪,受到区域沉降和热演化的联合作用,石炭-二叠系的煤系达到生排烃的高峰期,生成的天然气一部分向下运移聚集在其下的古风化壳岩溶孔、缝、洞储集体中,一部分向上运移聚集在石炭-二叠系煤系以外的各种砂体中,另一部分保留在煤层成为煤层气,当然也有相当一部分向上通过微渗漏散失到大气中。

在中生代晚三叠世沉积的延长组,生油岩厚

度为300~400 m,有效生油岩分布面积达到 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,生油指标为好-较好,在晚白垩世—第三纪这些烃源岩进入生排烃的高峰期,这一时期也是盆地中南部石油聚集成藏的关键时期。中生界的石油系统虽然是较为独立的含油系统,但是该系统与三叠-侏罗系的煤系作为一个整体对古生界的天然气无疑起到区域的封盖作用。

以上分析表明,鄂尔多斯盆地石油、天然气、煤和铀的成矿机理虽具有一定的差异性,但是它们是相互关联的矿产,都是盆地构造热演化和古气候变化的结果。与单个的含油系统、含气系统、成铀和聚煤机理相比,盆地多种能源成矿是一个更为复杂的系统。对鄂尔多斯盆地油、气、煤和铀成矿机理的对比研究表明,煤系似乎在这些能源矿产的形成过程中扮演着较为重要的角色。

4 几点建议

综上所述,鄂尔多斯盆地油、气、煤和铀的成藏相互关联,在纵向分布上呈规律叠置,然而在不同的构造单元叠置的类型和样式差异较大。随着各种能源矿产勘探难度的加大,勘探成本的上升,单独从事某一种矿产的勘探将不能适应时代的需要。为了降低综合勘探成本,在布置勘探井位的设计中,应将石油、天然气、煤炭和铀矿进行综合考虑,根据盆地不同构造单元多种能源分布规律和叠合的特点,实施“一箭多雕”的勘探思路,采取相应的勘探模式。按照鄂尔多斯盆地不同构造单元多种能源分布特点,建议在具体钻井实施过程中参考如下模式(表1)。

(1)伊陕斜坡是鄂尔多斯盆地石油天然气和

表1 鄂尔多斯盆地石油、天然气、煤和铀协同勘探模式

Table 1 Joint exploration model of oil, gas, coal and uranium in Ordos basin

构造单元		伊陕斜坡	天环坳陷	西缘逆冲带	伊盟隆起	渭北挠褶带
已发现和预测能源矿产类型	石油	●	●	●		
	天然气	⊙○↑	⊙○	⊙○	○	○
	煤炭	■	■	■	■	■
	铀		☆	☆	☆	☆
勘探模式		o-g-c 油-气-煤模式	o-g-c-u 油-气-煤-铀模式	o-g-c-u 油-气-煤-铀模式	c-u-g 煤-铀-气模式	u-c-g 铀-煤-气模式

注:●石油;⊙溶解气;○气层气;■煤层气;↑深盆气;■煤;☆铀

石炭-二叠系煤炭富集分布集中区,在盆地的北部是天然气分布区,在盆地的南部中生界的石油广泛发育。然而在盆地中石炭-二叠系的煤系在该构造单元分布广泛,煤炭资源不但丰富,煤层气、深盆气几乎分布在整个地区。因此,在该领域的勘探可以石油、天然气、煤炭和非常规的煤层气并举的原则,进行一井多探。

(2)天环坳陷、西缘逆冲带位于盆地的西缘,从宏观上看,处于地表水和地下水汇集的部位,位于近代的氧化还原过渡带,其次该部位具有前陆盆地结构的特征,分布有煤系和三叠系的湖相源岩,已发现油田、气田、煤田和铀矿化点,各种类型能源矿产的成矿条件优越,是进行石油-天然气-煤炭-铀联合勘探的理想地区。

(3)伊盟隆起、渭北挠褶带和晋西挠褶带均位于盆地的边部,侏罗系的煤系均发育,水文地质条件稳定,整体上处于氧化-还原过渡带。目前已在伊盟隆起的东胜地区发现规模较大的铀矿,其

次在晋西挠褶带分布的煤田中煤层气的资源也很丰富。由于该盆地的铀矿勘探程度很低,虽然已发现的铀矿分布在伊盟隆起的东胜地区,但是根据笔者的分析和推测渭北挠褶带和晋西挠褶带也有铀成矿的地质条件,建议铀的勘探领域应该向盆地的东部和南部边缘延伸。因此在这3个构造单元可开展煤炭、煤层气和铀矿的联合勘探。

参考文献

- 1 涂光炽.成煤、成油、成气、成盐和成金属矿之间的关系[J].有色金属矿产与勘查,1994,13(1):1~3
- 2 Crowhurst P V, Green P F, Kamp P J J. Appraisal of (U-Th)/He apatite thermochronology as a thermal history tool for hydrocarbon exploration: an example from the Taranaki basin, New Zealand[J]. AAPG Bull, 2002, 86(10): 1801~1919
- 3 Landais P, Dubessy J. Three examples illustrating the analysis of organic matter associated with uranium ores[J]. Organic Geochemistry, 1990, 18(3): 601~608
- 4 Dymkov Y M, Doinikova O A. The formation of solid bitumen during pitchblende-oil interaction at 300°C[J]. Dokl Earth Sci, 2002, 387

- (8):951~954
- 5 Sikka D B, Shices R B K. Radiometric surveys of the redwater oil field, Alberta: early surface exploration case histories suggest mechanisms for the development of hydrocarbon related geochemical anomalies[J]. AAPG-SEG Geophys Reference Ser, 2002, (11): 243~297
 - 6 Carmichael A, Norris N R. Norm (Naturally occurring radioactive material) regulation domain of states[J]. AMER Oil Gas Reporter, 1996, 39(13): 95~96, 98~99
 - 7 Reddy A S, Venkat R N. Radiation anomaly correlation helpful in Krishna - Godavari basin[J]. Oil and Gas J, 2002, 100(15): 38~42
 - 8 卜贻孙, 陈明智. 煤中铀与煤矿环境[J]. 煤矿环境保护, 1996, 10(4): 34~36, 47
 - 9 胡从恢. 铀系核素及其探测技术在石油和天然气勘查中的应用前景[J]. 地质科技管理, 1995, (3): 23~27
 - 10 黄文辉, 唐修义. 中国煤中的铀、钍和放射性核素[J]. 中国煤田地质, 2002, 14(B07): 55~63
 - 11 李怀渊, 张守鹏. 铀 - 油相伴性探讨[J]. 地质论评, 2000, 46(4): 355~361
 - 12 李亮, 王永康. 在油气藏周围寻找砂岩型铀矿[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2001, 16(5): 7~10
 - 13 李胜祥, 陈戴生. 伊犁盆地含煤系地层沉积相特征及其与层间氧化带砂岩型铀矿成矿关系[J]. 铀矿地质, 1996, 12(3): 129~134
 - 14 刘埃平, 钟子川. 铀的地球化学特征及其在油气勘探中的应用[J]. 石油学报, 1999, 20(6): 32~37
 - 15 刘庆成, 李怀渊. 可地浸砂岩型铀矿床上地气异常规律的初步探索[J]. 铀矿地质, 2002, 18(5): 308~312
 - 16 钱法荣, 李田港. 中生代外生 - 后成作用在形成铀 - 煤矿床中的作用[J]. 国外铀金地质, 1996, 13(1): 19~25
 - 17 吴泽坚, 张泽贵. 在油气勘探开发中兼探铀[J]. 石油知识, 2000, (4): 13
 - 18 张景康. 试论石油与铀矿床的相互关系[J]. 华东地质学院学报, 1994, 17(1): 42~45
 - 19 张如良, 丁万. 努和廷式铀矿床地质特征及其油气水与铀成矿作用探讨[J]. 铀矿地质, 1994, 10(5): 257~265, 274
 - 20 向伟东, 陈肇博, 陈祖伊, 等. 试论有机质与后生砂岩型铀矿成矿作用——以吐哈盆地十红滩地区为例[J]. 铀矿地质, 2000, 16(2): 65~73
 - 21 关士聪, 阎秀刚, 芮振雄, 等. 对我国石油天然气远景资源的分析[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(1): 47~74
 - 22 戴金星. 我国古代发现石油和天然气的地理分布[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(3): 292~299
 - 23 席胜利, 刘新社, 付金华, 等. 鄂尔多斯盆地中生界资源潜力分析[A]. 见: 中国工程院, 环太平洋能源与矿产资源理事会, 中国石油学会. 21世纪中国暨国际油气勘探展望[C]. 北京: 中国石化出版社, 2003. 553~557
 - 24 王双明, 张玉平. 鄂尔多斯盆地侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律[J]. 地学前缘, 1999, 6(增): 147~155
 - 25 狄永强. 试论鄂尔多斯盆地中生代盆地砂岩型铀矿找矿前景[J]. 铀矿地质, 2002, 18(6): 340~347
 - 26 朱西养, 汪云亮, 王志扬, 等. 东胜砂岩型铀矿微量元素地球化学特征初探[J]. 地质地球化学, 2003, 31(2): 39~45
 - 27 李良, 袁志祥, 惠宽洋, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 268~271
 - 28 关德师, 张文正, 裴戈. 鄂尔多斯盆地中部气田奥陶系产层的油气源[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 191~199
 - 29 洪峰, 宋岩, 赵林. 鄂尔多斯盆地北部天然气成藏控制因素[J]. 天然气工业, 1998, 18(5): 22~25
 - 30 李克明. 鄂尔多斯盆地北部晚古生代的深盆气气藏[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 190~193
 - 31 李文厚, 魏红红, 马振芳, 等. 苏里格庙气田碎屑岩储集层特征与天然气富集规律[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 387~391
 - 32 吴熙纯, 李培华, 金香福, 等. 鄂尔多斯南部奥陶系古岩溶带对天然气储层的控制[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 294~299
 - 33 王金琪. 超致密砂岩含气问题[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 169~180
 - 34 夏日元, 唐健生, 关碧珠, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系古岩溶地貌及天然气富集特征[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 133~136
 - 35 李延钧, 陈义才, 杨远聪, 等. 鄂尔多斯下古生界碳酸盐岩烃源岩评价与成烃特征[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 349~353
 - 36 闵琪, 付金华, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气运移聚集特征[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 26~29
 - 37 吴仁贵, 陈安平, 余达淦, 等. 沉积体系分析与河道砂岩型铀矿成矿条件讨论——以鄂尔多斯中新世盆地东胜地区为例[J]. 铀矿地质, 2003, 19(2): 94~99
 - 38 翟爱军, 邓宏文. 鄂尔多斯盆地上古生界层序地层与储层预测[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 336~340
 - 39 汤锡元, 郭忠铭, 王定一. 鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆构造特征及其演化与油气勘探[J]. 石油与天然气地质, 1988, 9(1): 1~10
 - 40 何自新, 付金华, 席胜利, 等. 中国苏里格大气田成藏地质特征[A]. 见: 中国工程院, 环太平洋能源与矿产资源理事会, 中国石油学会. 21世纪中国暨国际油气勘探展望[C]. 北京: 中国石化出版社, 2003. 178~187
 - 41 戴金星, 陈践发, 钟宁宁, 等. 中国大气田及其气源[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 1~199
 - 42 付少英, 彭平安, 张文正, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界煤的生烃动力学研究[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(10): 812~818
 - 43 付金华, 段晓文, 席胜利. 鄂尔多斯盆地上古生界气藏特征[J]. 天然气工业, 2000, 20(6): 16~19
 - 44 关德师, 张文正, 裴戈. 鄂尔多斯盆地天然气源与富集的主要控制因素初探[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 191~199
 - 45 郭忠铭, 张军, 于忠平. 鄂尔多斯地块油区构造演化特征[J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(2): 22~29
 - 46 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确立与勘探方向[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 341~347
 - 47 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996
 - 48 贾高隆, 李永成. 内蒙古鄂尔多斯侏罗纪煤层聚煤规律及找煤方向[J]. 中国煤田地质, 1997, 9(1): 22~24
 - 49 王思恩, 张志诚, 姚培毅, 等. 中国侏罗 - 白垩纪含煤地层与聚煤规律[M]. 北京: 地质出版社, 1994
 - 50 张抗. 鄂尔多斯断块构造与资源[M]. 陕西西安: 陕西科技出版社, 1989