

鄂尔多斯盆地多种能源矿产分布特征与协同勘探

杨伟利,王毅,王传刚,孙宜朴
中国石化石油勘探开发研究院,北京,100083

内容提要:鄂尔多斯盆地富含油、气、煤、铀等多种能源矿产。多种能源矿产在空间上具有一定的分布规律和组合形式,在时序上具有较为一致的矿产富集和后期保存、改造时期,在成因上具有一定的成生关系。结合多能源矿产的成矿背景、成藏(矿)机理、赋存规律、勘探理论与实践等,基于经济效益最大化和勘探方法最优化原则,建立了鄂尔多斯盆地多种能源矿产的协同勘探模式,将盆地划分为7个协同勘探区,每一个勘探区以某一种或两种矿产为主探,兼探其他矿产。在协同勘探模式的基础上,针对不同协同勘探区,制定了相应的协同勘探方法,为多种能源矿产协同勘探的实施奠定了理论基础。

关键词:多种能源;天然气;油;煤;铀矿;协同勘探;鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地位于华北地台西部,横跨陕、甘、宁、蒙、晋五省区,盆地面积 $25\times10^4\text{ km}^2$ (刘池洋等,2005,2006),是石油、天然气、煤、铀矿等能源矿产同盆共存富集的盆地,也是目前国内石油、天然气储量、产量增长最快的盆地。鄂尔多斯盆地是叠加在早、晚古生代大型盆地之上的中生代盆地,晚白垩世以来经历了后期改造(刘池洋等,2006),但总体上均以整体升降为主,缺乏内部构造,为能源矿产的保存创造了良好的条件。鄂尔多斯地区发育中部下古生界靖边碳酸盐岩大气田、盆地北部上古生界苏里格庙、榆林和大牛地等碎屑岩大气田、安塞和西峰等中生界碎屑岩油田以及上古生界和中生界煤层气和页岩气等(付金华,2001;魏永佩等,2004;李五忠等,2005;杨华等,2006;刘新社等,2007;薛军民等,2008;张云鹏等,2008)。上古生界和中生界发育多套煤系地层,在盆地周缘形成大量煤矿(顾广明等,2006;李增学等,2006)。铀则主要富集在侏罗系和白垩系,在盆地周缘形成多个铀矿及矿化点(王双明等,1999;陈宏斌等,2006;邢秀娟等,2006;吴柏林等,2007),近期针对三叠系延长组高伽玛泥岩展开了铀含量的研究(谭成仟等,2007;赵军龙等,2009)。鄂尔多斯盆地多能源矿产共存的特征,使以某一种矿产为主探矿产,在勘探过程中兼顾其他矿种的多种能源矿产协同勘探成为可能。

1 多种能源矿产的时空分布特征

纵向上,除煤层气外,石油、天然气、煤和铀富集在不同层位或同一层位不同层段,形成多层位成藏(矿)。由下到上具有天然气、煤、石油、铀矿的分布规律(表1)。天然气主要富集在下古生界奥陶系碳酸盐岩风化壳储层、上古生界山西组和石盒子组砂岩储层中;煤在层位上分布比较广,主要有石炭系一二叠系太原组和山西组潮坪沼泽相煤系、三叠系延

表1 鄂尔多斯盆地多种能源矿产层位分布表

Table 1 Distribution of multiple energy minerals in Ordos basin

地层		多种能源	沉积相	盆地演化阶段
系	统			
白垩系		铀	河流相	后期改造
侏罗系	上侏罗统	石油,煤,铀 石油,煤	冲积扇	内陆湖盆
	中侏罗统		湖泊—河流	
	下侏罗统		河流	
三叠系	上三叠统	石油,煤,铀	湖泊相	华北克拉通陆浅海
	中三叠统		湖泊	
	下三叠统		河流—湖泊	
二叠系	上二叠统	天然气 天然气,煤	湖泊	华北克拉通陆浅海
	下二叠统		河流—三角洲	
石炭系	上石炭统	天然气,煤 煤	潮坪	华北克拉通陆浅海
	中石炭统		泻湖—潮坪	
奥陶系	中奥陶统	天然气 天然气	斜坡	华北克拉通陆浅海
	下奥陶统		台地,陆棚	
寒武系			台地	

注:本文为国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号2003CB214608)资助成果。
收稿日期:2009-06-08;改回日期:2010-01-04;责任编辑:周健。
作者简介:杨伟利,男,1973年生。博士,高级工程师,主要从事沉积学及层序地层学、油区构造地质学研究。Email:yangwl@pepris.com。

<http://www.geojournal.cn/dzxb/ch/index.aspx>

长组顶部和侏罗系延安组陆相河流-湖盆沼泽相煤系。石油为陆相湖盆成因,分布在中生界上三叠统延长组和早、中侏罗系富县组和延安组三角洲前缘砂体和河道砂体中。铀主要成矿于中侏罗统直罗组和白垩系罗汉洞组河流相砂岩中。

平面上,石油、天然气、煤、铀矿总体具有满盆煤、南油北气、周缘铀矿的勘探现状(图 1)。

下古生界天然气分布在盆地中部靖边地区,构造上位于伊陕斜坡中部。上古生界天然气主要分布在北纬 38°线(定边-离石基地断裂)以北的苏里格、乌审旗、榆林、米脂、大牛地一带,沿三角洲砂体南北向分布。其源岩下古生界平凉组(王传刚等,2009)于晚三叠世进入生烃阶段,早侏罗世进入生气阶段,并于晚侏罗世末进入生烃高峰;上古生界烃源岩略

晚于下古生界烃源岩成熟,并于早白垩世进入生烃高峰。下古生界和上古生界气藏形成的关键时刻相近,都于晚侏罗世末到早白垩世初进入后期调整和保存阶段。

延长组油藏分布在定边、吴旗、安塞、延安、庆阳、西峰等地区,构造上位于伊陕斜坡中、南部和天环坳陷局部地区。延安组油藏分布在盆地西南部,在定边—吴旗—庆阳—平凉范围内,构造上位于伊陕斜坡西南部和天环坳陷中部。延长组油藏主要呈北东-南西向分布,与盆地基底性质比较吻合。赵文智等(2003)认为,基底内部北东向断层对上覆中生界石油的展布具有一定影响。北东向基底断层可能是鄂尔多斯地块基底形成时期,在地块内部形成早期北东向鄂尔多斯地块的核部,小地块在其南北成北东向拼合,其基底物性参数呈北西向变化(邓军等,2006),导致后期基底断层北东向展布(潘爱芳等,2005)。北东向展布的基底断层影响了上覆中生代地层内部储层的展布、特性以及油气的聚集成藏。无论延长组还是延安组油藏,其烃源岩都为三叠系延长组暗色泥岩。该烃源岩于晚侏罗世早期进入生油门限,早白垩世晚期达到生油高峰,原油向延长组三角洲前缘砂体和延安组下切河道砂体运移、聚集、成藏,经历了晚白垩世以来的保存和调整。

煤分布广泛。上古生界煤分布超出了现今鄂尔多斯盆地范围,煤层总厚度 10~25 m,局部可达 40 m,煤层单层厚 5~10 m。本溪组沉积末期和山西组沉积早期是盆地最大成煤期,聚煤环境除泥炭坪外,还有三角洲分流间湾、分流间洼地、扇间洼地及河漫平原等沉积环境。该时期聚集的泥炭在晚三叠世已经进入气煤阶段,白垩纪达到瘦煤阶段,目前部分已演化到无烟煤阶段。中生界煤分布相对局限,局限于中生代盆地范围之内,是中生代内陆湖盆发育的晚期沼泽沉积环境形成的泥炭聚集。中生界煤演化程度比较低,三叠系煤进入气煤、侏罗系煤进入长焰煤阶段。

铀矿分布在盆地周缘,主要富集于东北的东胜地区、东南的店头地区、西南的国家湾地区和西缘的甜水堡地区。区域构造上分布在伊盟隆起、西缘逆冲推覆带、渭北隆起等后期构造比较活跃的地区,并接近物源区。其成矿物质的来源具多元性和多期性,有沉积同生带入、表层后生渗入和下部次生侵入(刘池洋等,2006)。铀经历了侏罗纪—早白垩世早期的预富集后,在早白垩世中期(124±6~120±11 Ma)首次成矿,晚白垩世(100~68 Ma)进入主成矿

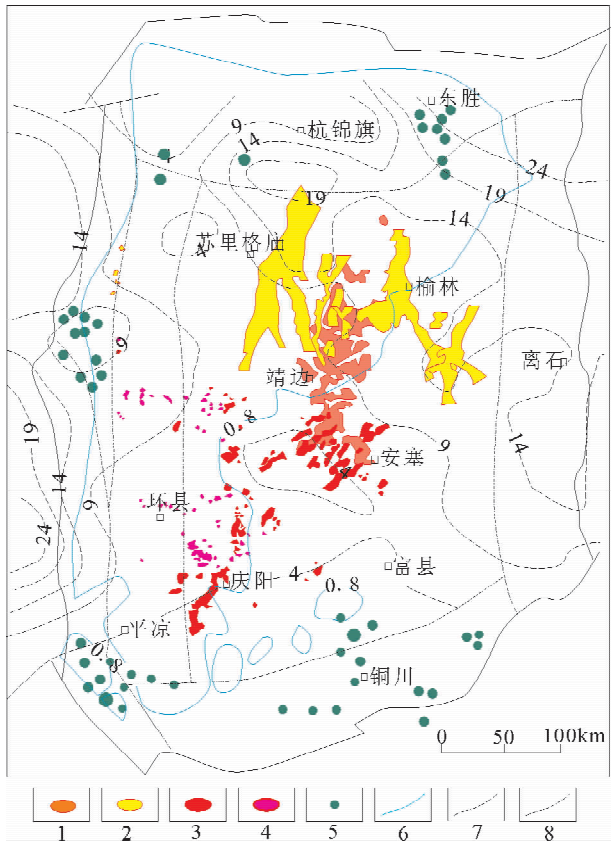


图 1 鄂尔多斯盆地多种能源矿产平面分布图
Fig. 1 Distribution map of multiple energy minerals in Ordos basin
1—下古生界天然气;2—上古生界天然气;3—延长组油;4—延安组油;5—铀矿;6—中生界煤范围;7—上古生界煤厚度等值线(m);8—构造分区线
1—Gas in the Lower Paleozoic;2—gas in the Upper Paleozoic;3—oil in Yanchang Formation;4—oil in Yan'an Formation;5—uranium;6—coal in the Mesozoic;7— isopach (m) of coal in the Upper Paleozoic;8—boundary of tectonic province

<http://www.gsjournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

期,始新世以来经历了 40~27 Ma 的改造成矿期和 20±2~3.8 Ma 的叠加再改造期(秦明宽,2009^①)。

2 多种能源矿产共存关系

根据多种能源矿产的成矿(藏)背景、成矿(藏)过程、成矿(藏)模式及勘探实践等,分析了多种能源矿产的成生和共存关系(表 2)。

鄂尔多斯盆地含气层位包括下古生界和上古生界两套。烃源岩为下古生界奥陶系平凉组页岩(王传刚等,2009)、上古生界暗色泥岩和煤系地层。下古生界平凉组页岩为台缘斜坡相沉积,早期形成原油并在中央古隆起聚集成藏,后期随埋深加大,古油藏中原油裂解成气,在后期形成的东高西低背景下向东部运移聚集在靖边地区。中生界延长组湖相烃源岩生油,并伴生部分油型气,在三角洲前缘砂体聚集成藏后带有溶解气或气顶气特征。因此,原油和天然气之间具有成生关系,也具有共存关系。上古生界石炭系一二叠系煤层形成于海陆交互相环境,在成煤演化过程中,释放出大量烃类气体,一部分从煤层释放并在三角洲砂体或河流相砂体中聚集成藏,一部分在煤层中保存形成煤层气。中生界煤层演化程度低,一般仅达到气煤、长焰煤,生气能力较弱(姚素平等,2004;晋香兰等,2008)。因此,煤与气之间存在成生关系,也存在共存关系。

鄂尔多斯盆地铀矿主要为砂岩型铀矿。盆地东北部东胜铀矿赋存于中侏罗统直罗组杂色砂岩中,侏罗纪—白垩纪鄂尔多斯盆地北部隆起区大面积分布的富铀变质岩和花岗岩遭受风化剥蚀,被大气降水搬运到当时地貌较低的东胜地区形成其铀源(李荣西等,2006)。早期形成铀矿化的古层间氧化带,后期在下部天然气的还原作用下富集成矿,平面上铀矿位于油气逸散带的源岩方向(冯乔等,2006;吴柏林等,2006;刘池洋等,2008)。盆地南缘赋存于直罗组的店头铀矿床早期形成潜水-层间氧化带型铀矿床,上新世末以来,构造抬升,盆地深部原油逸散到含矿层,使早期形成的氧化蚀变发生褪色蚀变,对早期铀矿起到还原保矿作用,但其还原作用比天然气弱(陈宏斌等,2006;张泓等,2007^②)。因此,砂岩型铀矿的形成或叠加富集与油和天然气都有一定关系,但是共存关系明显很弱。

煤与铀矿的关系,一方面表现为煤生成的煤型气对铀矿的叠加富集作用,另一方面表现为煤对铀的吸附作用和还原作用(杨仁超等,2006)。后者主要是煤中的腐殖酸和富里酸,特别是腐殖酸可以与

铀酰离子吸附和络合。其吸附能力由泥煤向褐煤方向增加,再向石墨方向又减少。随着盆地热演化程度提高,成煤作用中产生的有机酸又被还原而沉淀,从而导致褐煤中铀含量较高。因此,煤与铀具有一定的相关关系和共存关系。

表 2 鄂尔多斯盆地多种能源矿产成生、共存关系
Table 2 Relation of generation and coexistence of multiple energy minerals in Ordos basin

	油	气	煤	铀
油		相关	弱相关	不相关
气	相关		相关	弱相关
煤	弱相关	相关		弱相关
铀	相关	相关	弱相关	

注:右上表示共存关系,左下表示成生关系。

3 多种能源矿产协同勘探

3.1 协同勘探的基本原则

多种能源矿产同盆共存为协同勘探奠定了物质基础,多种能源矿产的综合判识体系为协同勘探奠定了方法基础。目前,针对单矿种的勘探理论与实践成果比较丰富,多矿种的协同勘探理论与实践成果很少。协同勘探从理论到实践都是一种探索过程。

多种能源矿产的协同勘探应该基于经济效益最大化和勘探方法最优化原则。这就需要①两种及两种以上能源矿产的协同勘探;②多能源矿产勘探的技术方法具有共通性;③勘探部署具有可比性。鄂尔多斯盆地油、气、煤、铀共存,勘探方法、部署以及共存判识上都具有共通性或相似性,具备协同勘探的基础条件。

3.2 协同勘探模式

根据多种能源矿产的空间分布规律、共存关系、协同勘探的基本原则,建立了鄂尔多斯盆地的协同勘探模式,将盆地划分为 7 个协同勘探区,在盆地不同区以不同的矿产勘探为主,其他矿产为辅进行协同勘探。

A 区:“C-U-G”协同勘探区。基本属于伊蒙隆起,煤炭资源广泛分布,可采煤层层系多(C—P、T、J,图 2),埋藏浅,资源丰富,勘探开采成本低,是首选的能源矿产。地浸砂岩型铀矿常产于中、新生代渗入型自流水盆地的疏松砂岩层中,以东胜铀矿为主的砂岩型铀矿床的分布证明金属铀矿是 A 区第二种主要的能源矿产。在杭锦旗地区的少数探井中

<http://www.gsjournals.cn/dzxh/ch/index.aspx>

获得过工业气流,说明虽然受断裂构造破坏影响,该区成为天然气的逸散地,但仍属于上古生界天然气勘探的远景区,天然气资源属于该区第三层次的矿产资源。远离中生界主烃源灶,伊蒙隆起有油苗发现,但至今未发现油藏,其油苗可能是中生界煤系生成的低熟油,难以成藏。从成矿背景看,该区位于盆地边缘,其北部地区长期隆升遭受剥蚀,古生界沉积了泥炭沼泽相,奠定了成煤的基础。中生代,该地区远离湖盆,形成大面积河流相砂体沉积,同时,古老岩系物源提供了铀源条件。煤演化过程中,一方面煤阶提高,一方面释放天然气为铀矿富集成矿提供还原条件,并形成该条件下的能源矿产的“C-U-G”协同勘探模式,首选矿产是煤(C),其次是铀矿(U),再次是天然气(G)。自上而下侏罗系煤、铀并举;三叠系以煤为主;石炭系—二叠系先天然气、后煤炭的协同勘探组合(图2)。

B区:“G-C”协同勘探区。包括伊陕斜坡和天环坳陷北部地区,伊陕斜坡北部地区(基本在

38°以北)是鄂尔多斯盆地天然气的主产区,目前发现下古生界靖边气田,上古生界苏里格、乌审旗、榆林、子洲、大牛地气田等,是我国陕气东输的基地。勘探成果证实苏里格气田逐步西扩,推测天环坳陷北部上古生界应该存在西北方向的物源和三角洲砂体,是天然气勘探的重要接替区。鄂尔多斯地区广布的上古生界煤系烃源岩为天然气成藏提供了充足气源,该区广泛分布的三角洲砂体为成藏提供了有利的储集空间。勘探实践证实天然气是该区的首选资源矿产。该区属于沙漠覆盖地带,煤层较之盆地周围地区埋藏深,但丰富的煤炭资源在该区仍具有重要地位,是盆地内煤炭生产的接替区。离中生界主烃源灶较远,石油难以在该区聚积。由于构造较稳定,断裂不发育,缺乏铀矿形成必备条件。从成矿背景看,该区早古生代的陆表海背景叠加晚古生代的华北克拉通盆地,形成早期的聚煤条件和油气的储集条件,随煤阶升高,煤成气形成被释放,并在上下地层聚集、成藏。中生界叠加内陆湖盆的河流、沼泽沉积,后期改造微弱。因此形成“G-C”的协同勘探模式:自上而下侏罗系以煤为主;石炭系—二叠系气、煤并举;奥陶系以气为主(图2)。该组合的形式多样,既有煤与煤层气的组合形式,又有下古生界天然气与煤组合,还有煤与上古生界天然气组合。

C区:“O-G-C-U”协同勘探区。包括伊陕斜坡南部和天环坳陷南段,是目前主要的油田分布区,已发现靖安、姬塬、西峰等亿吨级大油田。三叠系主力烃源灶和湖相三角洲砂体为近源成藏提供了得天独厚的条件;侏罗系河道砂体储层物性好,也有许多勘探突破(摆宴井油田、马坊油田),因此,石油是该区勘探首选矿产。鄂尔多斯地区南部具有上、下古生界海相泥岩和煤系烃源岩,下古生界礁滩、风化壳和上古生界三角洲前缘砂体等储集条件以及良好的生储盖组合,具有良好的天然气勘探潜力(杨伟利等,2009)。侏罗系和石炭系—二叠系煤炭资源在该区广泛分布,煤炭资源是该区排在油、气之后的又一类有机能源矿产资源。该区铀矿未有明确发现,但三叠系延长组高伽玛泥岩的研究认为该层段具有较高的铀含量,但深度大,是技术提高后的潜在勘探区。从成矿背景看,该区早古生代为华北陆表海碳酸盐及台地边缘沉积,晚古生代叠加华北克拉通滨浅海碎屑岩、煤系,中生代三叠纪叠加了陆相湖盆的沉降沉积中心和三角洲前缘沉积,侏罗纪演化为河流-沼泽相,并形成重要的聚煤期,这种背景控制了其“O-G-C-U”的矿产协同勘探模式:自上而下,侏罗系油、

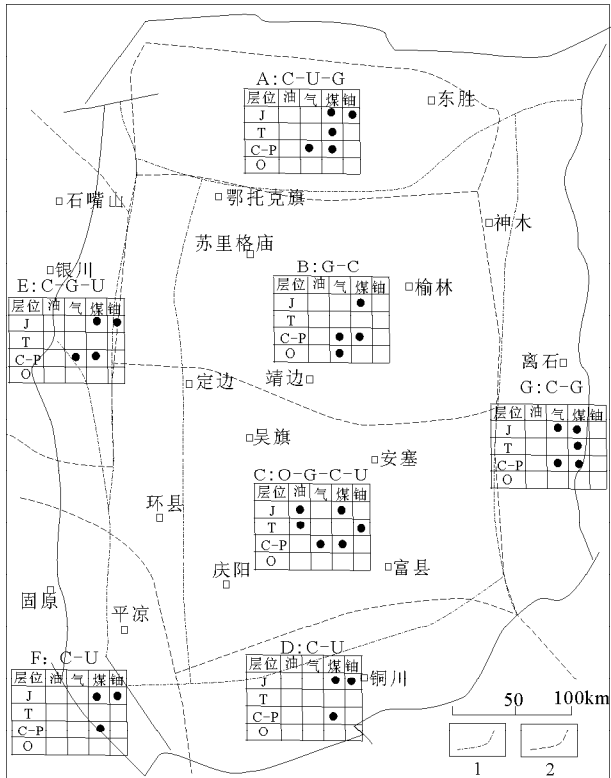


图2 鄂尔多斯盆地多种能源矿产协同勘探模式
Fig.2 Co-exploration modes of multiple energy minerals in Ordos basin

- 1—构造分区线;2—协同勘探模式分区线
- 1—Boundary of tectonic province;
- 2—boundary of co-exploration modes

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

煤并举;三叠系以石油为主,兼探铀矿;石炭系一二叠系以天然气勘探为主,兼顾煤炭勘探;奥陶系以天然气勘探为主(图2)。

D区:“C-U”协同勘探区。以渭北隆起为主,包括了伊陕斜坡的南部边缘地区。受构造抬升影响,中生界和上古生界煤层埋藏浅、分布广泛,已经有侏罗系和石炭系一二叠系大规模煤炭开采,是该区首选资源矿产。中生界埋藏浅,断裂构造发育,为铀矿的形成提供了先决条件,目前已经发现了大量铀矿床点,是铀矿勘探开发的有利地区。该区靠近盆地边缘,构造发育,不利于油气藏的保存。该区的成矿背景为早古生代为台地边缘及斜坡沉积,晚古生代叠加华北克拉通滨浅海碎屑岩、泥炭沼泽相,中生代叠加河流-沼泽相沉积,后期改造较强,早期地层出露,形成“C-U”协同勘探模式:自上而下,侏罗系煤炭、铀矿勘探并举;石炭系一二叠系以煤炭资源勘探为主(图2)。

E区:“C-G-U”协同勘探区。属于盆地西缘逆冲带的中北部地区。该区煤系地层厚度大(中生界煤层累计厚度可达10 m以上;石炭系一二叠系煤层累计厚度可达14 m以上)、分布广、埋藏浅甚至出露地表,勘探成本低,已有大型煤炭生产基地(如乌达煤矿),煤炭是该区首选的资源矿产。上古生界气源富足,在储层落实的前提下,上古生界天然气勘探前景不容忽视,已经发现了刘家庄气田、胜利井气田等,天然气是该区第二位矿产资源。西缘逆冲带自印支期以来构造活动活跃,中生界埋藏浅,为浅层砂岩型铀矿的形成提供了地质条件,已经发现多个铀矿点。该区早古生代为台缘斜坡沉积,晚古生代叠加华北克拉通滨浅海碎屑岩、泥炭沼泽沉积,中生代叠加三角洲平原-前缘、河流-沼泽相沉积,后期逆冲、抬升形成“C-G-U”的协同勘探模式:自上而下,侏罗系煤炭、铀矿勘探并举,以煤为主;石炭系一二叠系以天然气和煤炭资源勘探同步进行为特征(图2)。

F区:“C-U”协同勘探区。包括西缘逆冲带中南部和天环坳陷西南部地区。该区煤层厚度大(石炭系一二叠系煤层累计可达24 m以上;侏罗系煤层累计厚度可达10 m以上),与E区类似,受构造抬升影响,煤层埋藏浅、甚至出露地表,勘探成本低。F区属于盆地多个构造单元的交汇地区,西缘和南缘构造活动对其均有影响,对浅层砂岩型铀矿的形成提供了有利条件,是铀矿勘探的有利地区。远离油气源区,构造复杂,不利于油气藏的形成和保存。因此,F区为“C-U”的协同勘探模式。该区早古生

代为台缘斜坡沉积,晚古生代叠加华北克拉通滨浅海碎屑岩、煤系,中生代叠加河流-沼泽相沉积,后期挤压活动强,形成“C-U”的协同勘探模式:自上而下,侏罗系煤炭、铀矿勘探并举,以煤为主;石炭系一二叠系以煤炭勘探为主(图2)。

G区:“C-G”协同勘探区。属于晋西挠褶带。该区煤炭资源丰富(中生界煤层累计厚度可达24 m;石炭系一二叠系煤层累计厚度可达14 m以上),受构造抬升影响,煤层埋藏浅,是该区首选矿产资源。同时石炭系一二叠系和侏罗系煤系地层中富含大量煤层气,是该区第二种有利矿产资源。该区位于鄂尔多斯盆地东缘,早古生代为华北陆表海碳酸盐台地沉积,晚古生代叠加华北克拉通滨浅海沉积,大面积形成聚煤环境,同时远离早古生代庆阳古隆起。中新世后期调整,该区抬升,中生界被剥蚀,从而只有煤和煤层气发育,形成“C-G”的协同勘探模式:自上而下,侏罗系煤、气勘探并举,以煤为主;石炭系一二叠系勘探煤、气并举以气为主(图2)。

4 多种能源矿产的协同勘探方法

不同矿产的形成机理、赋存规律各具特色,在测井、地震、激发极化、航空物探、化探、地表显示、沉积有机相、流体地球化学等方面的勘探表征也有所差异。依据协同勘探模式、勘探经济技术条件和勘探状况,制定了针对不同协同勘探区的勘探组合方法(图3)。

A区:铀矿出露点和含矿层在遥感和航放上有明显反映,这是大范围发现铀矿床的有效手段。针对该区铀矿点多、资源丰富特点,应该首选实施遥感和航放工作。同时,浅层砂岩型铀矿是目前该区开采的主要对象,而该类型矿产又与地表显示(如漂白砂岩)密切相关,野外工作是铀矿勘探的必备手段。浅层煤炭资源勘探成本低,易于开采,野外地质工作也是勘探煤炭资源的重要手段。地震勘探对于揭示地下地层展布、构造、圈闭都很有效,是该区煤炭和天然气勘探的有利手段。化探是发现油气异常区(油气晕)的有效手段,该区油气苗多,易于利用化探手段发现天然气和追踪天然气藏。钻井和激发极化是后续阶段揭露地下信息的必备方法。因此,该区的协同勘探方法及其应用顺序为:遥感→航放→野外→地震→化探→钻井→激发极化。

B区:该区是天然气勘探开发较成熟地区,前期完成了大量的地震和钻井工作。结合下古生界风化壳储层分布规律复杂、上古生界有利储层砂体层系

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

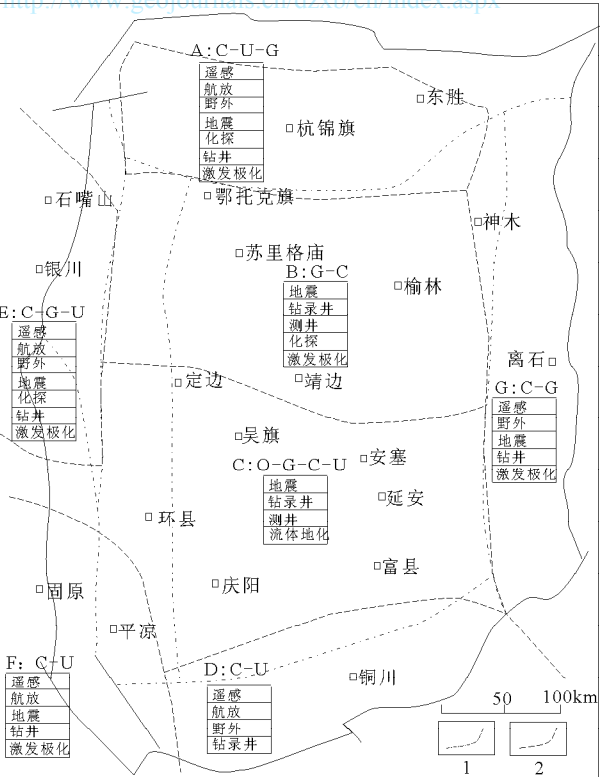


图 3 鄂尔多斯盆地多种矿产资源协同勘探方法
Fig. 3 Co-exploration means of multiple energy minerals in Ordos basin
1—构造分区线;2—协同勘探模式分区线
1—Boundary of tectonic province;
2—boundary of co-exploration means

多、纵向叠置、横向摆动、甜点确定困难等特点,首要的工作是提高地震精度和三维地震。对未知区开展新的地震和钻井工作,对新井和老井进行复查,为天然气勘探扩展和煤炭生产的接替做好准备。该区的协同勘探方法及其应用顺序为:地震→钻录井→测井→化探→激发极化。

C 区:该区是盆地石油勘探生产集中地区。但三叠系延长组存在多物源、三角洲砂体横向摆动、垂向叠置、砂层纷繁复杂、有利储层砂体预测困难等特点,加之黄土塬地区地震品质差,该区同样需要提高地震解释精度和加强三维地震工作。新钻井和老井复查是隐蔽油气藏发现和其他能源矿产发现的良好手段。流体地球化学方法对于研究中生界油气运聚历史和运移方向、分析砂岩型铀矿富矿层位非常必要。从地质特征、勘探生产状况、多种能源矿产的协同勘探模式等方面综合考虑,该区的协同勘探方法及其应用顺序为:地震→钻录井→测井→流体地化。

D 区:该区是煤炭和铀矿的富集区,煤层埋藏浅甚至出露地表,野外和浅钻就可以解决勘探问题。

而铀矿的勘探难度较大,因此从协同勘探角度出发,首选遥感和航放方法,结合野外地质勘探和浅钻寻找铀矿资源。该区的协同勘探方法及其应用顺序为:遥感→航放→野外→钻录井。

E 区:该区是煤炭、天然气、铀矿的协同勘探区,从协同勘探角度考虑,遥感和航放是首选手段。受构造影响煤层埋藏浅甚至出露地表,野外、地震和钻井都是有效的勘探手段。该区天然气勘探具有较好前景,因此地震和钻井是必需手段。由于浅层铀矿和天然气逸散在地表都有异常,化探也是协同勘探的有效手段。因此,该区的协同勘探方法及其应用顺序应为:遥感→航放→野外→地震→化探→钻井→激发极化。

F 区:特征与 E 区基本类似,但不是天然气勘探的远景地区。从 F 区的地质特征、勘探生产状况、多种矿产资源的协同勘探模式等方面综合考虑,该区的协同勘探方法及其应用顺序为:遥感→航放→地震→钻井→激发极化。

G 区:该区是煤炭和煤层气的协同勘探区,从该区的地质特征、勘探生产现状、多种矿产的协同勘探模式等方面考虑,该区的协同勘探方法及其应用顺序为:遥感→野外→地震→钻井→激发极化。

5 结论

多种能源矿产在鄂尔多斯叠合盆地的富集和共存空间上具有一定的规律性,由下到上具有天然气、煤、石油、铀矿的纵向分布规律和“南油北气”的现今油气发现、满盆含煤、铀矿周缘分布的平面分布规律。不同矿产之间存在复杂的成生和共存关系,但其富集成矿和保存基本都是从晚侏罗世到早白垩世开始的。在多期盆地叠合的背景下,在不同地区形成了不同的矿产组合方式,综合分析成藏(矿)背景、成藏(矿)条件、成藏规律等,将鄂尔多斯地区划分了 7 个协同勘探区,在每个勘探区建立了其协同勘探模式。结合矿产勘探的方法和前期矿产勘探的基础,在勘探方法最优化和经济效益最大化的原则下,针对不同协同勘探模式区制定了今后的勘探方法。但是,多种能源矿产的协同勘探尚处于理论探讨阶段,多种能源矿产的协同勘探涉及多部门、多系统的利益,真正的实施需要进一步完善和多系统的联合、有机的配合来完成。

注 释

① 秦明宽,韩效忠,漆富成,郭庆银,刘武生,刘章月. 2009. 砂岩型

<http://www.gsjournals.cn/dzxh/ch/index.aspx>

铀矿勘探方法及鄂尔多斯盆地铀资源勘查模式与新区预测. 973
专题科研总结报告.

② 张泓,徐高中. 2007. 多种能源矿产成矿(藏)物质聚积、分布与成藏(矿)效应. 973 课题 2007 年度工作总结报告.

参 考 文 献

陈宏斌,徐高中,王金平,李卫红,赵希刚. 2006. 鄂尔多斯盆地南缘店头铀矿床矿化特征及其与东胜铀矿床对比. 地质学报,80(5):724~823.

邓军,王庆飞,高帮飞,徐浩,周应华. 2006. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产分布及其构造背景. 地球科学,31(3):330~336.

冯乔,张小莉,王云鹏,樊爱萍,柳益群. 2006. 鄂尔多斯盆地北部上古生界油气运聚特征及其铀成矿意义. 地质学报,80(5):748~752.

付金华. 2001. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏条件及富集规律. 西北大学博士学位论文.

顾广明,李小彦,晋香兰. 2006. 鄂尔多斯盆地优质煤资源分布及有利区块. 地球科学与环境学报,28(4):26~30.

晋香兰,张泓. 2008. 鄂尔多斯盆地延安组煤层对常规天然气的贡献率研究. 天然气地球科学,19(5):662~664,689.

李荣西,赫英,李金保,李继宏,李鑫. 2006. 东胜铀矿流体包裹体同位素组成与成矿流体来源研究. 地质学报,80(5):753~760.

李五忠,王一兵,孙斌,鲜保安,陈彩虹,王宪花. 2005. 中国煤层气资源分布及勘探前景. 天然气工业,24(5):7~11.

李增学,李江涛,韩美莲,余继峰,柳汉丰. 2006. 鄂尔多斯盆地中生界聚煤规律及对多能源共存富集的贡献. 山东科技大学学报,25(2):1~5.

刘池洋,赵红格,王锋,陈洪. 2005. 鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性. 地质学报,79(6):737~747.

刘池洋,赵红格,桂小军,岳乐平,赵俊峰,王建强. 2006. 鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应. 地质学报,80(5):617~638.

刘池洋,马艳萍,吴柏林,刘超. 2008. 油气的耗散——油气地质研究和资源评价的弱点和难点. 石油与天然气地质,29(4):517~526.

刘新社,席胜利,周焕顺. 2007. 鄂尔多斯盆地东部上古生界煤层气储

层特征. 煤田地质与勘探,35(1):37~40.

潘爱芳,赫英,黎荣剑,席先武. 2005. 鄂尔多斯盆地基底断裂与能源矿场成藏成矿的关系. 大地构造与成矿学,29(4):459~464.

谭成仟,刘池阳,赵军龙,张蓉蓉. 2007. 鄂尔多斯盆地典型地区放射性异常特征及其地质意义. 中国科学(D 辑),37(增 1):147~156.

王传刚,王毅,许化政,孙宜朴,杨伟利,伍天宏. 2009. 论鄂尔多斯盆地地下古生界烃源岩的成藏演化特征. 石油学报,30(1):28~45.

王双明,张玉平. 1999. 鄂尔多斯盆地侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律. 地学前缘,6(增):147~155.

魏永佩,王毅. 2004. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产富集规律的比较. 石油与天然气地质,25(4):385~392.

吴柏林,刘池洋,张复新,方锡衍,刘雄. 2006. 东胜砂岩型铀矿后生蚀变地球化学性质及其成矿意义. 地质学报,80(5):740~747.

吴柏林,邱欣卫. 2007. 论东胜矿床油气逸散蚀变的地质地球化学特点及其意义. 中国地质,34(3):455~462.

邢秀娟,柳益群,樊爱萍. 2006. 鄂尔多斯盆地店头地区砂岩型铀矿成因初步探讨. 中国地质,33(3):591~597.

薛军民,高胜利,高鹏. 2008. 鄂尔多斯盆地神木地区上古生界煤储层特征及含气潜力. 石油实验地质,30(1):37~41.

杨华,席胜利,魏新善,李振宏. 2006. 鄂尔多斯多旋回叠合盆地演化与天然气富集. 中国石油物探,(1):17~24.

杨仁超,韩作振,柳益群,樊爱萍. 2006. 鄂尔多斯盆地东胜地区侏罗系煤与铀矿关系. 地球科学与环境学报,28(4):31~37.

杨伟利,王毅,孙宜朴,王传刚,冯朝荣. 2009. 鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气勘探潜力. 天然气工业,29(12):1~4.

姚素平,张景荣,胡文瑄,曹剑. 2004. 鄂尔多斯盆地中生界煤成烃潜力的实验研究. 煤田地质与勘探,32(1):24~28.

张云鹏,向蓉,岑学文. 2008. 宁县—合水地区延安组煤层气开发潜力分析. 内蒙古石油化工,(10):126~129.

赵军龙,谭成仟,刘池洋. 2009. 鄂尔多斯盆地铀富集分布的影响因素. 地质学报,83(2):158~165.

赵文智,胡素云,汪泽成,董大忠. 2003. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集的控制作用. 石油勘探与开发,30(5):1~5.

Distribution and Co-Exploration of Multiple Energy Minerals in Ordos Basin

YANG Weili, WANG Yi, WANG Chuangang, SUN Yipu

Petroleum Exploration and Development Research Institute, Sinopec, Beijing, 100083

Abstract

Ordos basin is abundant in energy minerals of oil, gas, coal and uranium. Multiple energy minerals have some distribution laws and assemblage styles, the accordant temporal stages for accumulation, conservation, and reformation of mineral reserves. Therefore, these minerals probably have some relation in genesis. Based on mineralization settings and mechanisms, accumulation laws, and exploration theory and practice, as well as rules of the largest benefit and the optimized prospect methods, the co-exploration modes have been established. The Ordos basin is divided into seven co-exploration zones. In each zone, one or two types of minerals are designated as the main exploration objective and other minerals as secondary aim. On the basis of co-exploration modes, different co-exploration methods are worked out for different co-exploration zones, and this will lay theoretical foundation for exploration of multiple energy minerals.

Key words: multiple energy minerals; gas; oil; coal; uranium; co-exploration; Ordos basin