

鄂尔多斯地区成矿系列与地质建造的关系探讨

谭文娟, 杨合群, 姜寒冰, 董福辰, 谢群

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 以往成矿系列概念以地质成矿作用为基础, 为了使成矿系列理论既便于同成矿地质背景研究相衔接, 又容易应用于矿产预测及找矿勘查, 按照地质建造与成矿的相对时间, 将与各类地质建造有关的成矿系列细化为同生成矿系列、准同生成矿系列、后生成矿系列等类别。借鉴已有的矿床成矿系列, 运用新的理念, 在鄂尔多斯地区划分的 3 个成矿区带的基础上, 对该地区的矿床成矿系列进行了深化研究, 初步确定了 18 个成矿系列, 与 11 种地质建造有关。

关键词: 地质建造; 同生成矿系列; 后生成矿系列; 鄂尔多斯地区

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)02-0001-09

Relationship of Metallogenic Series and Geological Formation in Ordos Area

TAN Wenjuan, YANG Hequn, JIANG Hanbing, DONG Fuchen, XIE Qun

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Geological mineralization used to be the basis of the metallogenic series concept. To connect with the geological background studies and facilitate mineral forecast and prospecting, the research on the metallogenic series was conducted according to the relative period of geological formation and mineralization. Various metallogenic series related to geological formation were divided into syngenetic, penecontemporaneous and epigenetic series. With reference of pre-existing deposit metallogenic series, on the basis of three metallogenic belts, the main minerogenetic series of mineral deposit in Ordos were studied, and 18 series related with 11 kinds of geological formation were identified.

Key words: geological formation; syngenetic series; epigenetic series; Ordos

程裕淇等(1979, 1983)及陈毓川等(1994, 2006, 2007)提出的矿床成矿系列, 是指在一定的地质构造单元和一定的地质历史发展阶段内, 与一定的地质成矿作用有关、在不同成矿阶段(期)和不同地质构造部位形成的不同矿种和不同类型, 但具有成因联系的一组矿床的自然组合。这“四个一”是成矿系列

的四要素, 地质成矿作用是理论核心。但绝大部分的地质成矿作用是地质历史中一种动态过程, 现在难以直接观察, 往往需要进行大量的研究工作, 获取大量信息, 才能通过推理得到认识。要想将成矿系列理论转化为找矿思维, 深入研究成矿系列与地质建造的关系极其重要。因为地质建造比成矿作用容

收稿日期: 2014-09-19; 修回日期: 2015-03-06

基金项目: 中国地质调查“西北地区矿产资源潜力评价与综合(1212010881632)”及“新疆重要成矿带及整装勘查区矿产勘查部署与成果集成”(12120113042900)项目资助

作者简介: 谭文娟(1980-), 女, 工程师, 从事成矿规律与矿产预测研究工作。E-mail: twjuan2006@163.com

易直接观察,有利于地质勘查人员掌握和运用。翟裕生(1992)将成矿系列称为与同一建造有成因联系的各种矿床类型构成的四维整体。杨合群等(2012)将各类地质建造有关成矿系列细化为“同生成矿系列”、“准同生成矿系列”、“后生成矿系列”、“表生风化生成矿系列”等类别,建立本质性规律与宏观地质现象间的联系,试图把工作程度偏低、研究测试数据较少的矿床、矿点也能纳入成矿系列。前人对鄂尔多斯地区的矿床成矿系列研究甚少,笔者融合已有的理论概念,运用新的理念,充分吸收消化前人勘查与科研资料,提出鄂尔多斯地区的成矿系列划分新方案,探讨本区成矿系列与地质建造的关系。

1 成矿区带地质背景

研究成矿系列对时间一般以大地构造旋回为限;

对空间采用三级构造单元的范围,也就是相当于三级成矿单元(成矿区带)范围较为适宜(陈毓川等,2006)。西安地质调查中心(2013),对全国矿产资源潜力评价项目(徐志刚等,2008)发布的成矿区带划分方案中西北大区有关范围按新编西北地区地质图(1:100万)进行了修订完善(图1)^①。本文涉及其中3个成矿区带:Ⅲ-59鄂尔多斯西缘成矿带,Ⅲ-60鄂尔多斯成矿区,Ⅲ-61山西断隆(渭河盆地)成矿带。

1.1 鄂尔多斯西缘成矿带(Ⅲ-59)

鄂尔多斯西缘北起磴口,南到宝鸡,东至环县,西至中卫。区内主要为断续的山脉,包括桌子山、贺兰山和六盘山东侧以及夹于其间的断陷盆地。鄂尔多斯盆地西缘的基底具双层结构,下部为结晶基底,上部为盆地的直接基底。该带内矿产主要为煤矿、磷矿、金矿、铁矿、冶镁白云岩、电石用石灰岩、硅石矿床等。

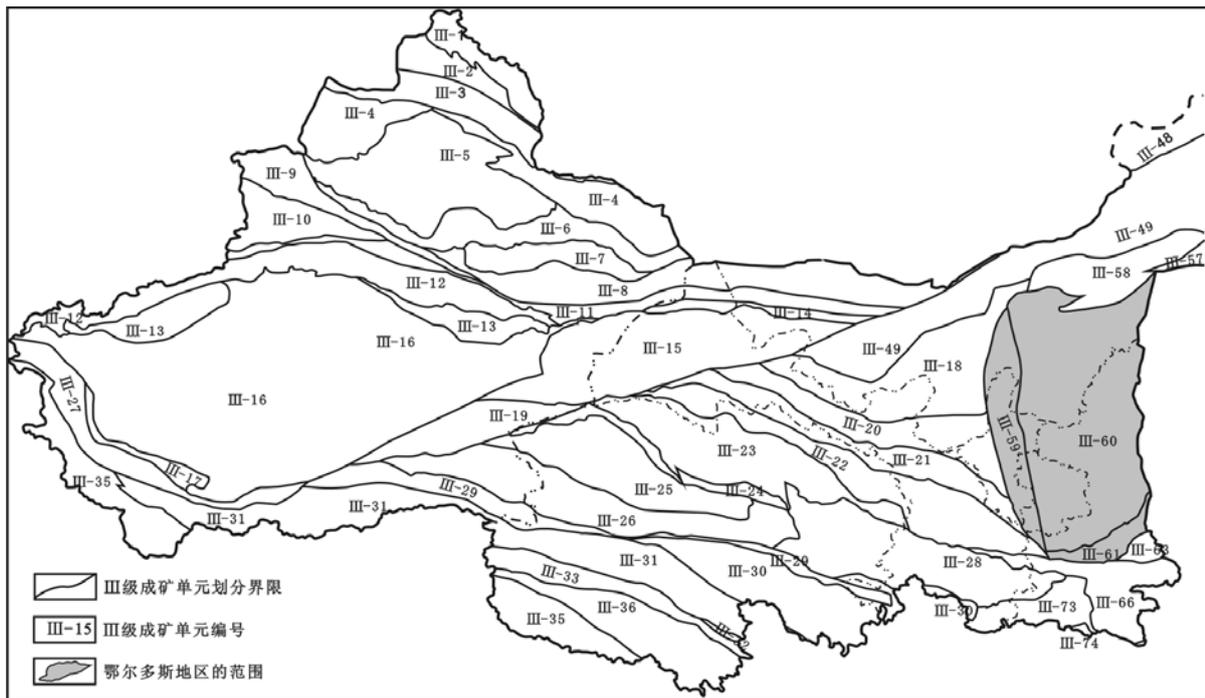


图1 鄂尔多斯地区各成矿区带位置图

Fig. 1 The position of division of metallogenic units in Ordos

1.2 鄂尔多斯成矿区(Ⅲ-60)

该成矿区所处构造单元是以太古宇涑水岩群片麻岩为基底的早古生代—中生代凹陷区;其南缘为

永寿-韩城断隆。全区缺失志留纪至早石炭世地层沉积,岩浆活动微弱,构造简单,地层产状平缓,具长期稳定的陆块性质。早古生代地层主要有寒武系和

① 中国地质调查局西安地质调查中心. 西北地区重要矿产区域成矿规律研究报告,2013.

奥陶系,以台地相的碳酸盐岩沉积为特征;晚古生代在下古生界构造剥蚀面上沉积了石炭—二叠纪海陆交互相—陆相含煤建造,二叠纪开始接受陆相碎屑沉积。中生代三叠纪中期的印支运动使本区发生继承性拗陷,形成了大型中生代内陆盆地,为晚三叠世—中侏罗世内陆河流—湖泊泥炭沼泽沉积提供了有利的场所。区内矿产以煤、天然气、石油和岩盐为主,次为碳酸盐岩(包括水泥灰岩、化工灰岩)、油页岩、铁矿、铝土矿、黏土(陶瓷黏土和耐火黏土)和硫铁矿等。

1.3 山西断隆(渭河盆地)成矿带(Ⅲ-61)

该成矿带是沿华北陆块结晶基底发育的新生代裂陷带,带内受断裂影响,因差异升降作用,在骊山一带有新太古宙古陆核出露。区内地层不发育,仅在骊山一带出露太古宙太华岩群黑云斜长片麻岩、古元古代铁铜沟组片状石英岩。其上地层缺失,在骊山古陆核边缘出露新近系冷水沟组棕红色泥岩与黄绿色泥质砂岩互层;其上平行不整合的发育新近系上新统棕红色砂岩、含砾砂岩及砂砾岩建造。其余地段广泛发育第四系冲洪积为主的砂、亚砂土及

黏土。区内岩浆岩出露较少,仅在骊山古陆核发育地段出露侏罗纪二长花岗岩。区内矿产以铝土矿、铁矿、硫铁矿和金矿等为主。

2 成矿系列

成矿系列一般有 2 种表述格式:第一种采取“地质成矿作用”为中心词,表达为“×××地区×××时段×××地质成矿作用有关×××成矿系列”;第二种采取“地质建造”为中心词,表达为“×××地区×××时段×××地质建造有关×××成矿系列”。笔者选择后一种形式,并对“有关”二字深化为“同生”、“准同生”、“后生”、“表生风化”等类别(表 1)。这种方法的优越性不仅全部保留成矿系列概念中“四个一”含义,而且借助宏观地质信息破解了研究程度较低地区许多后生成矿系列缺少测年资料难以具体确定成矿时代的问题(杨合群等,2012)。成矿系列编号方法:成矿区带编号+地质建造时代代号+序号。经过研究,将鄂尔多斯地区划分为 18 个成矿系列,与 11 种地质建造有关(表 2、3、4)。

表 1 地质建造与成矿系列关系一览表

Tab. 1 The relation to the geological formation and metallogenic series

地质建造形成和演化时间	成矿系列划分	
建造剥蚀出露	表生风化成矿系列	指各类地质建造剥蚀出露地表经长期风化形成的矿床成矿系列,分布范围与原生岩石出露的范围大体一致或相距不远
建造形成期后	后生成矿系列	指比地质建造明显晚得多,并且地质构造环境已彻底时过境迁后的再造生成的矿床成矿系列类型
建造形成近期	准同生成矿系列	指与地质建造接近同时、常常略晚,地质构造环境未变,但成矿阶段转变之后生成的矿床成矿系列类型
建造形成同期	同生成矿系列	指与地质建造同时生成的成矿系列

2.1 鄂尔多斯西缘成矿带中成矿系列

对鄂尔多斯西缘成矿带(Ⅲ-59)总结 9 个成矿系列,与 5 种地质建造有关(表 2)。

2.1.1 与古元古代沉积变质岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯西缘成矿带古元古代沉积变质岩系后生金—铜成矿系列特征如下。

古元古代宗别立岩群为一套深变质岩系,其中的柳树沟岩组和柳条沟岩组是本区金、铜矿的主要赋矿层位。元古宙的区域变质作用及混合岩化作用在使原岩变为黑云母斜长片麻岩、黑云母变粒岩、混合岩及混合花岗岩的同时,又使 Au 等成矿物质活

化、迁移出来;元古宙晚期的辉绿岩脉、石英脉、斜长角闪岩脉的侵入,也带来较丰富的含 Au 成矿物质,在石英脉中形成了石英脉型金矿;印支运动,该区的岩层发生褶皱并向东发生了一系列的逆冲断层,在挤压强烈地带还形成了韧性剪切带,在构造破碎带中形成了破碎蚀变岩型金矿(李红宇等,2010;宋新华等,2010)。

2.1.2 与中元古代沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯西缘成矿带中元古代沉积岩系同生铁—硅石—砚石成矿系列和准同生白云岩成矿系列特征如下。

长城系黄旗口组下部灰色薄-中层石英岩夹浅紫红色中厚层石英岩和灰绿、暗紫色粉砂质泥质板岩,成为著名的贺兰石砚石矿;中部浅紫红色石英岩由灰白色中-厚层状中细粒石英砂岩、不等粒石英砂岩和石英岩状砂岩组成。砂岩呈中细粒结构,接触式胶结,质地较纯净,构成硅石矿;上部深灰色中厚层中-细粒含海绿石石英砂岩夹少量含铁质石英砂岩透镜体,局部构成铁矿体,矿石矿物以赤铁矿为主。

蓟县系王全口组为一套以台地相碳酸盐岩为主的沉积,岩性以含硅质条带或结核的白云岩为主,下部夹少许石英砂岩、粉砂岩和钙质板岩等。自下而上,镁质成分有增高之趋势,上部有灰白、灰红色中厚层结晶白云岩夹层,硅质含量较低,可作为冶镁白云岩原料和熔剂白云岩。

2.1.3 与寒武纪—奥陶纪沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯西缘成矿带寒武纪—奥陶纪沉积岩系同生磷块岩-石灰岩成矿系列特征如下。

早寒武世—早奥陶世形成的磷、白云岩和石灰岩矿床为海相化学沉积,古地理环境由滨海相过渡为潮坪相,早奥陶世又变为局限台地相和开阔台地相,沉积范围由小变大,矿床规模大,以大中型为主,石灰岩有特大型矿床。磷灰石以砾状磷块岩为主,白云岩以细晶为主,因含硅等杂质较多只能作溶剂的白云岩^{①②}。

2.1.4 与石炭纪—二叠纪沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯西缘成矿带石炭纪—二叠纪沉积岩系同生铁-铝-黏土矿-煤成矿系列和后生天然气成矿系列特征如下。

晚石炭世早期海侵范围向北扩展到桌子山一带,晚期间歇性海退,形成海陆交互相碎屑岩-泥岩含煤建造;早二叠世,区内处于河流-湖沼相、河流-泥炭沼泽相等成煤环境,在煤系沉积的同时,也形成了与煤共生的黏土矿床,集中分布在贺兰山中段北端,含矿地层为上石炭一下二叠统土坡组、太原组和山西组,矿物成分以高岭石为主^{②③}。

在煤化过程中产生的天然气总和称为煤成气,

其中基本未运移,储在生气层的称煤层气;经运移迁出生气层再聚集储存的称煤聚气,形成独立的天然气藏(戴金星,1992;赵红格等,2006;李剑锋等,2012)。

2.1.5 与中生代沉积岩系有关成矿系列

鄂尔多斯西缘成矿带中生代沉积岩系同生煤-油页岩-黏土岩成矿系列和后生铀-油气成矿系列特征如下。

中生代沉积地层有三叠系、侏罗系和白垩系。其中侏罗系延安组沉积形成煤层;三叠系延长组沉积形成的烃源岩,经后生热演化形成油气,储油层可以在延长组(马家滩油田),也可在侏罗系延安组及直罗组(摆宴井、大水坑油田);侏罗系延安组、直罗组及白垩系沉积时预富集铀,后来隆起剥蚀受浅部富氧水淋滤活化迁移再还原沉淀形成后生的砂岩铀矿(白斌等,2008;刘汉彬等,2008;李保侠等,2008,2010;漆富成等,2009;刘雄,2010;徐高中等,2010;贾恒等,2012;邓继燕,2013)。

2.2 鄂尔多斯成矿区中成矿系列

对鄂尔多斯成矿区(Ⅲ-60)总结7个成矿系列,与4种地质建造有关(表3)。

2.2.1 与太古宙火山沉积超变质岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯盆地成矿区太古宙火山沉积超变质岩系后生铁-磷成矿系列特征如下。

以韩城阳山庄铁矿为例,太古宙涑水杂岩是一套混合岩化作用较强的深变质岩,推断的原岩相当于中基性到中酸性火山喷发岩。矿床矿体与麻粒岩、变粒岩岩相带关系密切,强弱不同的混合岩化岩石是矿床的围岩,根据磁铁矿矿化现象及蚀变矿物与围岩中矿物类似的现象,表明成矿物质来源于围岩。围岩中铁和磷在混合岩化过程中形成富矿碱性溶液,在有利的环境和空间沉淀,形成磁铁矿和磷灰石^④。

2.2.2 与早奥陶世沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯盆地成矿区早奥陶世沉积岩系同生石膏-石盐-钾盐成矿系列特征如下。

① 宁夏回族自治区矿产地质调查所. 宁夏回族自治区成矿区(带)研究报告,2001.

② 宁夏回族自治区地质调查院. 宁夏贺兰山北段金及多金属矿远景调查报告,2013.

③ 甘肃省地质调查院. 甘肃省重要矿种区域成矿规律研究成果报告,2013.

④ 陕西省地质调查院. 陕西省重要矿种区域成矿规律研究成果报告,2013.

表 2 鄂尔多斯西缘成矿带(Ⅲ-59)中成矿系列一览表
Tab. 2 The metallogenic series in west foreland basin of Ordos

成矿系列	矿床式	矿床实例
Ⅲ-59P _{t1} -1 古元古代沉积变质岩系后生金-铜成矿系列	牛头沟式金矿	(宁)牛头沟金矿床,梁根、哈尔木腾金铜矿床、麦子井-树龙沟金矿点, (蒙)北盆沟-柳葫芦沟金矿点
Ⅲ-59P _{t2} -2a 中元古代沉积岩系同生铁-白云岩-硅石矿成矿系列	王全口式铁矿	(宁)王全口、塔什克梁、陶思沟、老树湾、陈家沟铁矿点
	柳条沟式硅石矿	(宁)柳条沟东段、鄂博梁、白虎洞、枣窝、大口子、赵池沟、红果子酸枣岭、 老鼠湾、大武口沟口东、拜寺口、小口子硅石矿床
	贺兰式砚石	(宁)小口子砚石(贺兰石)矿床,拜寺口砚石(贺兰石)矿点
Ⅲ-59P _{t2} -2b 中元古代沉积岩系准同生白云岩成矿系列	青龙山式白云岩矿	(宁)青龙山东道梁、贺兰山、大窑沟冶镁白云岩矿床,野狐坡、油房院、乱 堆子溶剂白云岩矿床
Ⅲ-59P _{z1} -3 寒武纪-奥陶纪沉积岩系同生磷块岩-石灰岩成矿系列	苏峪口式磷矿	(宁)苏峪口、正目观、南寺、阿保梁、崔子窑沟、紫花沟磷矿床
	青龙山式石灰岩矿	(宁)青龙山、天景山、米钵山、贺兰山、驴驹沟、干沟、窑台子沟、青铜峡、 沙巴台、天景山、青山、石梁、红沙石沟石灰岩矿床
Ⅲ-59P _{z2} -4a 石炭纪—二叠纪沉积岩系同生铁-铝-黏土矿-煤成矿系列	大台子式铁矿	(甘)大台子、石板沟铁矿床,峡中铁矿点
	大台子式铝土矿	(甘)平凉大台子、石板沟、王庄、王店铝土矿点;(宁)石嘴山八号泉铝土 矿化点
	石嘴山式黏土矿	(蒙)呼鲁斯台黏土矿床;(宁)石炭井、石嘴山、大磴沟、马连滩、插旗沟牛 家台子黏土矿床;(甘)环县石板沟耐火黏土矿点
	石嘴山式煤矿	(蒙)乌海、呼鲁斯台煤矿区;(宁)贺兰山煤田石炭井、石嘴山、沙巴台、正 义关、李家沟、马莲滩、插旗沟、苏峪口煤矿区;(宁)宁东煤田的红墩子、 横城堡、韦州煤矿区;(甘)平凉峡门煤矿区
Ⅲ-59P _{z2} -4b 石炭纪—二叠纪沉积岩系后生天然气成矿系列	胜利井式天然气	(宁)胜利井、刘家庄、哈什图东、色伦卡得庙东天然气藏
Ⅲ-59M _{z2} -5a 中生代沉积岩系同生煤-油页岩-黏土岩成矿系列	马家滩式煤矿	(宁)贺兰山煤田汝箕沟煤矿区;宁东煤田石沟驿、灵武、鸳鸯湖、马家滩、 积家井、盟城煤矿区;宁南煤田炭山、王洼煤矿区
Ⅲ-59M _{z2} -5b 中生代沉积岩系后生油气成矿系列	马家滩式油气	(宁)马家滩、大水坑、摆宴井油田
Ⅲ-59M _{z2} -5c 中生代沉积岩系后生铀成矿系列	宁东式铀矿	(宁)磁窑堡、冯记沟、金家渠铀矿点
	国家湾式铀矿	(陕)国家湾铀矿床;(甘)槐树湾铀矿点;(蒙)红井、三眼井、毛盖图铀矿点

鄂尔多斯盆地中东部地区的奥陶系马家沟组发育巨厚的蒸发岩-碳酸盐岩沉积层序,地层厚度最厚达千余米。马家沟组自下而上分为马一、马二、马三、马四、马五、马六等 6 个段,其中马一、马三、马五段主要为石盐岩、石膏岩沉积,马二、马四、马六段则主要为碳酸盐岩沉积。陕北盐盆蒸发岩微相的分布从中心向周边依次为石盐岩、石膏岩、碳酸盐岩,呈近于同心圆状中心对称展布的“牛眼式”分布模式。在马五段的石盐岩微相中,存在红色含钾石盐层,K 含量较高,平均 K 含量为 0.147%,显微镜下鉴定已发现钾石盐、光卤石等钾镁盐矿物(包洪平等,2004),局部 K 含量达 3.5%~8.08%(魏东岩等,

2000)。该区马家沟组的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -0.346% ~ -0.002% ,为典型的咸化海相沉积(王伟力等,2013)。

2.2.3 与石炭纪—二叠纪沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯盆地成矿区石炭纪—二叠纪沉积岩系同生铝-黏土-煤成矿系列和后生天然气成矿系列特征如下。

区内铝土矿主要在铜川—韩城一带,呈北东—南南向带状分布,含矿地层为上石炭统瓦窑堡组和延安组碎屑岩,矿体一般呈透镜状、层状、窝状产出;该层位之上,为上石炭统一下二叠统太原组和山西组煤系地层,在全盆地均有分布,北部主要是长焰煤和气煤,中部为焦煤,南部为瘦煤、贫煤和无烟煤。

与铝土矿和煤共伴生的常有黏土矿。

石炭—二叠系煤层在煤化过程中产生的天然气,吸附储在生气层为煤层气,经运移再聚集储存形成独立的天然气藏,有些以石炭—二叠系储存为主(里格、乌审旗、榆林,延安大气田),有些则进入其下层的奥陶系储存为主(靖边大气田)。

2.2.4 与中生代沉积岩系有关的成矿系列

鄂尔多斯盆地成矿区中生代沉积岩系同生煤—油页岩—黏土岩成矿系列和后生铀—油气成矿系列特征如下。

鄂尔多斯盆地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;侏罗系的煤层主要位于中下侏罗统,特别是延安组,为低变质的褐煤和长焰煤,全盆地均有分布。

已发现的石油分布在上三叠统延长组和侏罗系

延安组。延长组沉积形成的烃源岩,早白垩世末期—晚白垩世中期进入油气大量生成期,经不同距离的运移后储存。储层分为三叠系和侏罗系。三叠系中主要为三角洲沉积砂岩油藏,略偏盆地中东部,例如安塞、直罗、下寺湾、延长、永坪、子长等油田;侏罗系中主要为河流沉积砂岩油藏,略偏盆地中西部,例如马岭、元城、华池、城壕、吴旗、李庄子、红井子等油田(陈刚等,2005;韩效忠等,2008;魏永佩等,2004;邢秀娟等,2008;薛春纪等,2008,2011)。

盆地北部东胜地区,中侏罗统直罗组发现有赋存于砂体中的铀矿,盆地西部、南部边缘亦在类似层位发现铀矿,由浅部富O水淋滤活化地层中U迁移再还原沉淀形成后生铀矿,矿体全部产于氧化—还原过渡带中。测年资料证明铀矿是后生的(常象春等,2006;陈宏斌等,2006)。

表3 鄂尔多斯成矿区(Ⅲ-60)中成矿系列一览表

Tab.3 The metallogenic series in the Ordos basin

成矿系列	矿床式	矿床实例
Ⅲ-60Ar-1 太古宙火山沉积超变质岩系后生铁-磷成矿系列	阳山庄式铁矿	(陕)韩城阳山庄铁矿
Ⅲ-60Pz ₁ -2 早奥陶世沉积岩系同生石膏-石盐-钾盐成矿系列	陕北式盐类	(陕)陕北石膏、石盐
Ⅲ-60Pz ₂ -3a 石炭—二叠纪海陆交互相沉积岩系同生铝-黏土-煤成矿系列	曹村式铝土矿	(陕)澄城县曹村、白水三眼桥铝土矿
	渭北式煤	(陕)陕北煤田、渭北煤田
Ⅲ-60Pz ₂ -3b 石炭—二叠纪海陆交互相沉积岩系后生天然气成矿系列	苏里格式天然气	(蒙)苏里格、乌审旗气田;(陕)榆林,延安大气田
	靖边式天然气	(陕)靖边等大气田
Ⅲ-60Mz-4a 中生代沉积岩系同生煤-油页岩-黏土岩成矿系列	鄂尔多斯式煤	(蒙)东胜煤田;(宁)宁东煤田天池-盐池煤区,宁南煤田冯庄-孟源煤区;(甘)华亭县安口-新窑煤矿区,环县沙井子、甜水堡煤矿区,正宁县罗川、核桃峪煤矿区,灵台县邵寨煤矿区,崇信县赤城煤矿区;(陕)长武-黄龙煤田
Ⅲ-60Mz-4b 中生代沉积岩系后生油气成矿系列	鄂尔多斯式油气	(宁)红井子、马坊、李庄子油田;(甘)庆阳、马岭、元城、华池、城壕、樊中、樊西、镇原油田;(陕)延长、安塞、直罗、下寺湾、永坪、子长、七里村、姚店、青化砭、甘谷驿、吴旗、油房庄、志丹油田
Ⅲ-60Mz-4c 中生代沉积岩系后生铀成矿系列	鄂尔多斯式铀矿	(蒙)东胜铀矿床,呼斯梁铀矿点;(陕)店头铀矿床,大柳塔、白水铀矿点

2.3 山西断隆(渭河盆地)成矿带中成矿系列

对渭河盆地成矿带(Ⅲ-61)总结2个成矿系列,与2种地质建造有关(表4)。

(1)与新太古宙火山沉积变质岩系有关的成矿系列。渭河盆地成矿带新太古宙火山沉积变质岩系

后生金成矿系列特征如下。

区内金矿矿床类型为石英脉型金矿,其代表性矿床为临潼冷水沟金矿区Q909号脉^①,矿体赋存于太华岩群黑云斜长片麻岩,其成矿要素为太古宇太华岩

^① 陕西省地质调查院,陕西省重要矿种区域成矿规律研究成果报告,2013.

群、东西向或北东向断裂构造、燕山期中酸性岩浆活动,其中燕山期岩浆活动提供了再造成矿的热源。

(2)与石炭纪沉积岩系有关的成矿系列。渭河盆地成矿带石炭纪沉积岩系同生铁-铝-黏土岩-硫铁矿-煤成矿系列特征如下。

区内铝土矿矿床类型为沉积型铝土矿,主要分

布于陕北府谷、吴堡等地,以府谷县天桥则铝土矿为典型矿床^①;硫铁矿类型也为沉积型,其代表性矿床为府谷县西山硫铁矿,均赋存于上石炭统本溪组含铁铝煤细碎屑岩建造。在泾阳口镇一带出露的上石炭统太原组杂色泥岩,底部为褐铁矿、铝土矿层,局部有硅质岩和煤层,泥岩中含有大量植物化石。

表4 渭河盆地成矿带(Ⅲ-61)中成矿系列一览表

Tab. 4 The metallogenic series in the Weihe basin

成矿系列	矿床式	矿床实例
Ⅲ-61Ar-1 新太古宇火山沉积变质岩系后生成矿系列	冷水沟式金矿	(陕)临潼冷水沟金矿区 Q909 号脉
Ⅲ-61Pz ₂ -2 石炭纪沉积岩系同生铁-铝-黏土矿-硫铁矿-煤成矿系列	天桥则式铝土矿	(陕)府谷县海则庙天桥则、海则庙大沟村铝土矿、浪湾铝土矿
	府谷西山式硫铁矿	(陕)府谷县西山硫铁矿
	口镇式铁矿	(陕)泾阳县口镇闾家沟铁矿床,合阳县金水沟铁矿点、铜川陈炉镇、麟游县上永安、千阳县红石沟铁矿点

3 结论

在鄂尔多斯地区划分的3个Ⅲ级成矿带基础上,按照地质建造与成矿的相对时间,将各类地质建造有关的成矿系列细化为同生成矿系列、准同生成矿系列、后生成矿系列等类别。在该地区初步确定了18个成矿系列,与11种地质建造有关。

(1)鄂尔多斯西缘成矿带分布有古元古代沉积变质岩系后生金-铜成矿系列,中元古代沉积岩系同生铁-白云岩-硅石矿成矿系列,寒武纪-奥陶纪沉积岩系同生磷成矿系列,石炭纪-二叠纪沉积岩系同生铁-铝-黏土矿-煤成矿系列和后生天然气成矿系列,中生代沉积岩系同生煤成矿系列和后生铀-油气成矿系列。

(2)鄂尔多斯盆成矿区分布有太古宙火山沉积超变质岩系后生铁-磷成矿系列,早奥陶世沉积岩系同生石膏-石盐-钾盐成矿系列,石炭-二叠纪沉积岩系同生铝-黏土-煤成矿系列和后生天然气成矿系列,中生代沉积岩系同生煤-油页岩成矿系列,后生铀-油气成矿系列。

(3)渭河盆地成矿带分布有新太古宙火山沉积变质岩系后生成矿系列,石炭纪沉积岩系同生铁-铝-硫铁矿成矿系列。

参考文献(References):

- 程裕淇,陈毓川,赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报,1979,1(1):32-58.
- CHENG Yuqi, CHEN Yuchuan, ZHAO Yiming. Preliminary discussion on the problems of mineralogical series of mineral deposits [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1979, 1(1):32-58.
- 程裕淇,陈毓川,赵一鸣,等. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报,1983,(6):1-52.
- CHENG Yuqi, CHEN Yuchuan, ZHAO Yiming, et al. Further discussion on the problems of mineralogical series of mineral deposits [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1983, (6):1-52.
- 陈毓川. 矿床的成矿系列[J]. 地学前缘,1994,1(3):90-99.
- CHEN Yuchuan. Metallogenic series of ore deposits [J]. Earth Science Frontiers, 1994, 1(3):90-99.
- 陈毓川,裴荣富,王登红. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报,2006,80(10):1501-1508.
- CHEN Yuchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong. On mineralogical (metallogenic) series: Third discussion [J]. Acta Geologica Sinica, 2006,80(10):1501-1508.

① 陕西省地质调查院,陕西省重要矿种区域成矿规律研究成果报告,2013.

- 陈毓川,王登红,朱裕生,等. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京:地质出版社,2007.
- CHEN Yuchuan, WANG Denghong, ZHU Yusheng, et al. Chinese minerogenetic system and regional mineraogenetic appraisal [M]. Beijing: Geological House, 2007.
- 翟裕生. 成矿系列研究问题[J]. 现代地质,1992,6(3):301-308.
- ZHAI Yusheng. Some problems on the study of metallogenic series[J]. Geoscience, 1992, 6(3):301-308.
- 杨合群,赵国斌,谭文娟,等. 论成矿系列与地质建造的关系[J]. 地质与勘探,2012,48(6):1093-1100.
- YANG Hequn, ZHAO Guobin, TAN Wenjuan, et al. On Relationship between Metallogenic Series and Geological Formation [J]. Geology and Exploration, 2012, 48(6): 1093-1100.
- 徐志刚,陈毓川,王登红,等. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社,2008.
- XU Zhigang, CHEN Yuchuan, WANG Denghong, et al. The scheme of the classification of the minerogenetic units in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- 李红宇,宋新华,郭合伟,等. 宁夏贺兰山北段牛头沟金矿地质地球化学特征和矿床成因探讨[J]. 地质与勘探, 2010,46(6):1036-1044.
- LI Hongyu, SONG Xinhua, GUO Hewei, et al. Geological and geochemical features and ore genesis of the Niutougou gold deposit in the northern Helan Shan Mountains, Ningxia [J]. Geology and Exploration, 2010, 46(6):1036-1044.
- 宋新华,李红宇,郭合伟,等. 贺兰山北段牛头沟金矿区围岩的原岩恢复、时代及其地质意义[J]. 岩石学报,2010, 26(5):1625-1632.
- SONG Xinhua, LI Hongyu, GUO Hewei, et al. Original rocks, ages, and its significance for the wall rock of Niutougou gold deposit in northern Helan Mountains [J]. Acta Petrological Sinica, 2010, 26(5):1625-1632.
- 戴金星. 各类天然气的成因鉴别[J]. 中国海上油气(地质),1992,6(1):11-19.
- DAI Jinxing. Identification of various genetic natural gases [J]. China Offshore Oil and Gas(Geology), 1992, 6(1):11-19.
- 赵红格,刘池洋,王峰,等. 鄂尔多斯盆地西缘构造分区及其特征[J]. 石油与天然气地质,2006,27(2):173-179.
- ZHAO Hongge, LIU Chiyang, WANG Feng, et al. Structural division and characteristics in western edge of Ordos basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006,27(2):173-179.
- 李剑锋,马军,咎川莉,等. 鄂尔多斯盆地上古生界凝析油成因研究[J]. 天然气地球科学,2012,23(2):313-318.
- LI Jianfeng, MA Jun, ZAN Chuanli, et al. Genesis of Upper Paleozoic Condensates in Ordos basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(2):313-318.
- 白斌,邹才能,周立发,等. 惠安堡-马家滩上古生界烃源岩及含油气系统[J]. 西北大学学报(自然科学版),2008, 38(5):801-806.
- BAI Bin, ZOU Caineng, ZHOU Lifa, et al. Upper Paleozoic source rocks and related petroleum systems in Huianbu and Majiatan areas[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2008, 38(5):801-806.
- 刘汉彬,金贵善,尹金双,等. 土壤氡测量在马家滩-新上海庙地区砂岩型铀矿勘查中的应用[J]. 世界核地质科学,2008,25(2):104-109.
- LIU Hanbin, JIN Guishan, YIN Jinshuang, et al. Application of soil radon survey to the searching of sandstone-type uranium deposit in Majiatan-Xinshanghaimiao area[J]. World Nuclear Geoscience, 2008, 25(2):104-109.
- 李保侠,贾恒. 鄂尔多斯盆地西缘槐树湾地区铀矿化特征及成因分析[J]. 铀矿地质,2008,24(6):327-331.
- LI Baoxia, JIA Heng. Uranium mineralization characteristics and genetic analysis in Huaishuwan area, west margin of Ordos basin [J]. Uranium Geology, 2008,24(6):327-331.
- 李保侠,贾恒,于宏伟. 鄂尔多斯盆地西缘惠安堡地区铀成矿特点[J]. 铀矿地质,2010,26(4):201-207.
- LI Baoxia, JIA Heng, YU Hongwei. Primary research on the uranium metallogenetic characteristics in Huianpu area of the western margin of Ordos basin [J]. Uranium Geology, 2010, 26(4):201-207.
- 漆富成,刘武生,张字龙,等. 鄂尔多斯盆地西北部白垩统罗汉洞组中的铀矿化与沉积相[J]. 华东理工大学学报(自然科学版),2009,32(3):201-204.
- QI Fucheng, LIU Wusheng, ZHANG Zilong, et al. Uranium mineralization and sedimentary facies of the Luohandong formation of the Lower Cretaceous in northwestern Ordos basin [J]. Journal of East China Institute of Technology, 2009, 32(3):201-204.
- 刘雄. 银东地区铀成矿控制因素分析[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2010,29(增刊):181-184.
- LIU Xiong. Analysis on the uranium mineralization controlling factors in Yindong area [J]. Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science), 2010, 29(Suppl.):181-184.
- 徐高中,李卫红,李保侠,等. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲断褶带式砂岩型铀成矿环境、矿化特征及成矿模式[J]. 矿

- 床地质, 2010, 29(增刊): 156-157.
- XU Gaozhong, LI Weihong, LI Baoxia, et al. The metallogenic environment, characteristics and model for sandstone-hosted uranium deposits of thrust fault-fold belt in western Ordos basin [J]. *Mineral Deposits*, 2010, 29(Suppl.): 156-157.
- 贾恒, 李保侠, 荆国强. 鄂尔多斯盆地西缘惠安堡地区构造地质及铀成矿特征[J]. *铀矿地质*, 2012, 28(3): 148-151.
- JIA Heng, LI Baoxia, JING Guoqiang. Structural geology and mineralization of Uranium deposits in the Huianpu area, west of Ordos basin[J]. *Uranium Geology*, 2012, 28(3): 148-151.
- 邓继燕. 宁夏磁窑堡地区地质构造特征与侏罗系铀成矿前景[J]. *科技创新与应用*, 2013, (8): 26-27.
- DENG Jiyun. The geological features and uranium mineralization prospects of Jurassic in the Ciyaopu area, Ningxia[J]. *Technological Innovation and Application*, 2013, (8): 26-27.
- 包洪平, 杨承运, 黄建松. “干化蒸发”与“回灌重溶”——对鄂尔多斯盆地东部奥陶系蒸发岩成因的新认识[J]. *古地理学报*, 2004, 6(3): 279-288.
- BAO Hongping, YANG Chengyun, HUANG Jiansong. “Evaporation drying” and “reinflusing and redissolving” — a new hypothesis concerning formation of the Ordovician evaporites in eastern Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*. 2004, 6(3): 279-288.
- 魏东岩, 崔天秀, 刘振敏, 等. 试论鄂尔多斯盆地奥陶系成钾条件及找钾方向[J]. *化工矿产地质*, 2000, 22(4): 193-204.
- WEI Dongyan, CUI Tianxiu, LIU Zhenmin, et al. On conditions for potassium forming of Eerduosi basin during Ordovician Period and direction of potassium-hunting in it[J]. *Geology of Chemical Minerals*. 2000, 22(4): 193-204.
- 王伟力, 孙莹. 鄂尔多斯盆地东部马家沟组岩盐元素地球化学特征及成因分析[J]. *科技导报*, 2013, 31(17): 51-57.
- WANG Weili, SUN Ying. Elemental Geochemical Characteristics and Cause of Formation Analysis of the Rock Salt in Majiagou Formation, East Part of Ordos Basin [J]. *Science & Technology Review*. 2013, 31(17): 51-57.
- 陈刚, 李向平, 周立发, 等. 鄂尔多斯盆地构造与多种矿产的耦合成矿特征[J]. *地学前缘*, 2005, 12(4): 535-541.
- CHEN Gang, LI Xiangping, ZHOU Lifa, et al. Ordos basin tectonics relative to the coupling coexistence of multiple energy resources [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(4): 535-541.
- 韩效忠, 张字龙, 姚春玲, 等. 鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀成矿模式研究[J]. *矿床地质*, 2008, 27(3): 415-422.
- HAN Xiaozhong, ZHANG Zilong, YAO Chunling, et al. Discussion on metallogenic model for sandstone-hosted uranium deposits in northeastern Ordos basin [J]. *Mineral Deposits*, 2008, 27(3): 415-422.
- 魏永佩, 王毅. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产富集规律的比较[J]. *石油与天然气*, 2004, 25(4): 385-392.
- WEI Yongpei, WANG Yi. Comparison of enrichment patterns of various energy resources in Ordos basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(4): 385-392.
- 邢秀娟, 柳益群, 李卫宏, 等. 鄂尔多斯盆地南部店头地区直罗组砂岩成岩演化与铀成矿[J]. *地球学报*, 2008, 29(2): 179-188.
- XING Xiujuan, LIU Yiqun, LI Weihong, et al. Sandstone diagenesis and uranium mineralization of the Zhiluo Formation in the Diantou area, southern Ordos basin [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2008, 29(2): 179-188.
- 薛春纪, 薛伟, 康明, 等. 鄂尔多斯盆地流体动力学过程及其砂岩型铀矿化[J]. *现代地质*, 2008, 22(1): 1-8.
- XUE Chunji, XUE Wei, KANG Ming, et al. The fluid dynamic processes and its uranium mineralization of sandstone-type in the Ordos basin, China [J]. *Geoscience*, 2008, 22(1): 1-8.
- 薛春纪, 池国祥, 薛伟, 等. 鄂尔多斯盆地生烃过程与流体流动及铀矿化关系[J]. *地学前缘*, 2011, 18(5): 19-28.
- XUE Chunji, CHI Guoxiang, XUE Wei, et al. Relationship between hydrocarbon generation and basinal fluid flow and uranium mineralization in the Ordos basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2011, 18(5): 19-28.
- 常象春, 王明镇, 郭海花. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产共存特征及其相关性[J]. *石油实验地质*. 2006, 28(6): 507-510.
- CHANG Xiangchun, WANG Mingzhen, GUO Haihua. Occurrence and Correlation of Various Energy Resources in the ORDOS Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*. 2006, 28(6): 507-510.
- 陈宏斌, 徐高中, 王金平, 等. 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[J]. *地质学报*. 2006, 80(5): 724-732.
- CHEN Hongbin, XU Gaozhong, WANG Jinping, et al. Mineralization Characteristics of Diantou Uranium Deposit in the Southern Margin of Ordos and in Comparison with Dongsheng Uranium Deposit [J]. *Acta Geologica Sinica*. 2006, 80(5): 724-732.