



引文格式: 王娅娅, 董王仓, 李维成, 等. 陕西与成矿有关的地层类型划分及其控矿作用[J]. 西北地质, 2025, 58(4): 354–362. DOI: 10.12401/j.nwg.2024081

Citation: WANG Yaya, DONG Wangcang, LI Weicheng, et al. Classification of Stratigraphic Types Related to Mineralization and Ore-Controlling in Shaanxi Province[J]. Northwestern Geology, 2025, 58(4): 354–362. DOI: 10.12401/j.nwg.2024081

陕西与成矿有关的地层类型划分及其控矿作用

王娅娅^{1,2}, 董王仓^{1,2,*}, 李维成^{1,2}, 张明运^{1,2}, 朱雪丽^{1,2}

(1. 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省矿产地质调查中心, 陕西 西安 710068)

摘要: 笔者以《中国矿产地质志·陕西卷》研编成果为基础, 将与成矿有关的地层划分为含矿地层、容矿地层和矿源地层 3 类, 不同类型地层对成矿具有不同的控制作用。研究认为, 含矿地层主要控制海/陆相沉积型、生物化学沉积型和层控热液型等共生矿床及沉积受变质型矿床, 矿体常产于含矿地层的一定层位, 并受一定类型的地质建造控制; 容矿地层主要控制或影响岩浆热液型、构造热液型、斑岩型及接触交代型等后生矿床的形成与分布。其中, 汞锑矿对容矿地层的建造类型具有明显的选择性; 矿源地层主要为油气矿藏和某些类型金、银、铀矿床提供成矿物质来源。此外, 少数地层兼具含矿地层、容矿地层或矿源地层多重属性。该类地层蕴藏着丰富的煤、油气等能源矿产及金银等贵金属矿产, 属陕西与成矿有关的重要地层单位。该研究丰富了地层划分、地层与成矿关系研究的内容, 并为新时期相关地层分布区的找矿工作提供了新的思路和依据。

关键词: 含矿地层; 容矿地层; 矿源层; 地质建造; 陕西

中图分类号: P612

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2025)04-0354-09

Classification of Stratigraphic Types Related to Mineralization and Ore-Controlling in Shaanxi Province

WANG Yaya^{1,2}, DONG Wangcang^{1,2,*}, LI Weicheng^{1,2}, ZHANG Mingyun^{1,2}, ZHU Xueli^{1,2}

(1. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Center of Mineral Geological Survey, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the research and compilation results of the "Shaanxi Volume of China Mineral Geology", this article divides the strata related to mineralization into three types: ore bearing strata, host strata, and source strata. Different types of strata have different control effects on mineralization. Research suggests that the ore bearing strata mainly control marine/terrestrial sedimentary, biochemical sedimentary, and layer controlled hydrothermal deposits, as well as sedimentary metamorphic deposits. Ore bodies often occur in certain layers of the ore bearing strata and are controlled by certain types of geological formations; The host strata mainly control or affect the formation and distribution of epigenetic deposits such as magmatic hydrothermal type, tectonic hydrothermal type, porphyry type, and contact metasomatic type. Among them, mercury antimony ore has obvious

收稿日期: 2023-09-16; 修回日期: 2024-08-16; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 中国矿产地质志项目 (DD20160346、DD20190379、DD20221695), 中国矿产地质志·陕西卷 (DD20221695、DD2019037) 联合资助。

作者简介: 王娅娅 (1980–), 女, 工程师, 从事矿产地质调查及地质信息技术工作。E-mail: 276875792@qq.com。

* 通讯作者: 董王仓 (1960–), 男, 教授级高级工程师, 从事矿产地质勘查及成矿规律研究。E-mail: 466760180@qq.com。

selectivity for the construction type of ore bearing strata; The ore source strata mainly provide mineral sources for oil and gas fields and certain types of gold, silver, uranium and other deposits. In addition, a few strata have multiple attributes including ore bearing strata, host strata, or source strata. This type of formation contains abundant energy minerals such as coal, oil and gas, as well as precious metal minerals such as gold and silver, and is an important stratigraphic unit related to mineralization in Shaanxi. This paper enriches the research on stratigraphic division and the relationship between stratigraphy and mineralization, and provides new ideas and basis for the exploration of related stratigraphic distribution areas in the new era.

Keywords: ore-bearing strata; host strata; source bed; stratigraphic ore control; Shaanxi

地层,是地质历史时期通过沉积作用、火山-沉积作用形成的成层固结的岩石及未固结的沉积物之总称,其中前震旦纪古老地层往往遭受过变质作用。新太古代—新生代,陕西省累计形成厚度达 7 000 余 m 至近 70 000 m 的地层岩石建造,其不仅属省内地表出露面积最大(占全省国土面积的 87.11%)的地质单元(陕西省地质调查院, 2017),更重要的是其内部蕴藏着丰富的石油、天然气、煤、铀等能源矿产,以及大量的铁、锰、钒、铅、锌、铝、磷、重晶石、品质石墨等金属、非金属矿产(董王仓等, 2024)。以往前人也曾对陕西的地层做过较多调查研究(陕西省地质矿产局, 1989, 1998; 陕西省地质调查院, 2017),但就地层与成矿作用的关系,以及地层对成矿的控制作用等问题尚未开展系统的分析和总结。

笔者以近年来完成的《中国矿产地质志·陕西卷》研究成果为基础,将陕西与成矿有关的地层进行了划分,分析总结其控矿作用及其规律性,以期为新时期地质找矿工作提供依据。

1 与成矿有关的地层类型划分

新太古代至新生代漫长的地质时期,陕西形成了巨厚的、不同类型的沉积建造和变质建造,共划分出 260 余个岩石地层单位和构造-岩石地层单位(统称地层单位)(陕西省地质调查院, 2017)。其中,一些地层单位与某些矿产的形成与分布关系密切。笔者根据该类地层与矿床/体的成因和时空关系,将其分为含矿地层、容矿地层和矿源地层(表 1)。

表 1 陕西与成矿有关的地层类型划分一览表

Tab. 1 Stratigraphic classification related to mineralization in Shaanxi Province

成矿地层类型	基本含义	典型地层单位
含矿地层	地层形成过程中有矿床/体同时形成的地层单位,矿体属地层的组成部分	第四纪河谷砂砾层(砂金),泥盆纪古道岭组(铅、锌),石炭纪—二叠纪山西组及太原组(煤),侏罗纪延安组(煤),泥盆纪青石砭组(银多金属),奥陶纪马家沟组(岩盐),震旦纪陡山沱组(磷、锰),寒武纪水沟口组(钒)
容矿地层	地层形成过程中无成矿作用发生,但其作为后生矿床的赋矿地层或有利围岩条件,间接地控制矿床的形成与分布	泥盆纪公馆组白云岩(汞、镉),寒武纪—奥陶纪石瓮子组白云石大理岩(钨、钼),中元古代官道口群巡检司组碳酸盐岩(铅、锌、钼多金属)
矿源地层 (矿源层)	为某些矿床(藏)的形成提供物质来源的地层	三叠纪延长组(石油),侏罗纪延安组(石油)直罗组(铀),石炭纪—二叠纪山西组及太原组(天然气),新太古代太华岩群(金),中元古代武当岩群(银、金)

含矿地层是指其形成过程中发生成矿作用并形成同生矿床/体的地层。含矿地层与其相关矿床/体具有基本相同的成因,二者在空间上紧密相伴,矿床/体属含矿地层的组成部分(董王仓等, 2024)。

容矿地层是指其形成过程中无成矿作用发生,但作为后生矿床的赋矿围岩间接地控制矿床/体形成与分布的地层。时间上,容矿地层先于矿床/体形成;空间上,二者紧密相伴(董王仓等, 2024)。

矿源地层,简称矿源层,是指为某些矿床的形成

提供物质来源的地层(姚凤良等, 2006)。时间上,矿源层先于相关矿床/体形成;空间上,二者有一定距离或矿源层位于矿床/体附近。

2 不同类型地层的控矿作用

2.1 含矿地层

通过分析总结陕西地层的含矿性及其对成矿的控制作用,在全省共厘定出 30 余个主要含矿地层单

位(表 2)。其中,新太古代鱼洞子岩群、中—新元古 口组、奥陶纪二郎坪岩群和 马家沟组、泥盆纪古道岭 代碧口岩群阳坝岩组、震旦纪陡山沱组、寒武纪水沟 组、星红铺组和青石垭组、石炭纪本溪组、石炭纪—

表 2 陕西主要含矿地层及其含矿性一览表 (据董王仓等, 2024)

Tab. 2 List of main ore-bearing strata and their minerality in Shaanxi Province

地质年代		含矿地层单位	含矿层位及地质建造类型	含矿性			
				矿种	矿床类型	典型矿床(区)	
新生代	第四纪	全新世河床砂砾层	全新世河床Ⅰ级阶地下部, 含金砂砾层	砂金	机械沉积型	安康市恒口砂金矿	
	侏罗纪	延安组	延安组中-上部, 含煤碎屑岩建造	煤黏土矿		榆神煤矿区	
白田坝组		白田坝组下段, 含煤碎屑岩建造、含锂泥质岩建造	煤、Li		镇巴锂矿点, 镇巴煤田		
须家河组		须家河组上段及下段, 含煤碎屑岩建造	煤油页岩	陆相沉积型海相沉积型生物化学沉积型	镇巴煤田		
中生代	三叠纪	瓦窑堡组	瓦窑堡组上部, 含煤-油页岩碎屑岩建造			子长煤矿区	
		延长组	延长组中-下部, 含油页岩碎屑岩建造	油页岩		铜川市油页岩矿	
	嘉陵江组	嘉陵江组上部, 含石膏-菱镁岩白云岩建造	膏盐	海相蒸发沉积型	西乡县瓦刀子石膏矿		
晚古生代	二叠纪	吴家坪组	吴家坪组底部王坡段, 含铁铝质细碎屑岩建造	Al、Li	海相沉积型	西乡县黄梨沟铝土矿	
		石盒子组山西组	石盒子组上部, 含煤碎屑岩建造 山西组中部, 含煤碎屑岩建造	煤 煤高岭土	陆相沉积型生物化学沉积型 生物化学沉积型	洛南县古城煤矿 铜川煤矿、上店黏土矿	
	石炭纪	太原组	太原组中部, 含煤碎屑岩建造	煤高岭土	海陆交互沉积型	府谷县海则庙高岭土矿	
		本溪组	本溪组下部, 含铁-铝碎屑岩建造	Al、Fe高岭土	陆相沉积型	府谷县天桥则铝土矿	
	泥盆纪	青石垭组	青石垭组中上部, 含菱铁矿-铅-铜-银-重晶石海底热水沉积建造	Fe、Pb、Zn、Cu、Ag、重晶石	海相沉积型层控热液型	柞水县大西沟铁矿银铜子银多金属矿	
		古道岭组	古道岭组上部, (硅质岩)-碳酸盐岩(海底热水喷流沉积)建造			凤县铅铜山铅锌矿	
	早古生代	志留纪	梅子垭组	梅子垭组中上部, 浅变质细碎屑岩-硅质岩-海相火山(海底热水喷流)沉积建造	Pb、Zn重晶石	火山-沉积受变质型、层控热液型	旬阳市泗人沟铅锌矿 安康市石梯重晶石矿
			斑鸠关组	斑鸠关组, 碳硅质泥岩-火山-火山沉积建造	V、Nb Ta、石煤	沉积-改造型海相火山岩型	安康市大竹园石煤矿 紫阳县蒿坪米溪梁钽铀矿
马家沟组			马家沟组中上部, 碳酸盐岩-蒸发岩(泻湖)建造	石盐石灰岩	蒸发沉积型海相沉积型	延川县永坪石盐矿 铜川市杨泉山石灰岩	
奥陶纪		二郎坪岩群	二郎坪岩群下部, 浅变质火山-火山沉积建造	Zn、Cu、S	火山-沉积受变质型	周至县西峪岭铜锌矿	
		牛蹄塘组箭竹坝组鲁家坪组	含矿地层下部, 含碳泥/硅质岩-碳酸盐岩建造	U毒重石	风化淋积型层控热液型	紫阳县蒿坪铀矿 紫阳县黄柏树湾毒重石矿	
寒武纪		水沟口组	水沟口组下部, 含钒黑色岩系建造	V	海相沉积型	丹凤县中村钒矿 商南县千家坪钒矿	
中—新元古代	震旦纪	陡山沱组灯影组	陡山沱组中部, 含磷-锰碳酸盐岩建造 灯影组中上部, 白云岩建造	Mn白云岩	海相沉积型	汉中市天台山磷锰矿 勉县阜川唐家湾白云岩	
		耀岭河岩组	耀岭河岩组上部, 变质基性火山沉积建造	Fe	火山-沉积受变质型	商南县金家坪铁矿	
	青白口纪	碧口岩群	碧口岩群下部阳坝岩组, 变质中基性火山沉积建造	Au、Cu、Ag		略阳县东沟坝金银矿 略阳县徐家沟铜矿	
		长城纪	熊耳群	熊耳群下部, 中基性火山-火山沉积建造	Fe	海相火山岩型	洛南县翻山沟铁矿
古元古代		长角坝岩群	长角坝岩群上部沙坝岩组, 含石墨大理岩-透辉大理岩-长石石英岩建造	大理岩	沉积受变质型	留坝县青桥铺大理岩	
		陡岭岩群	陡岭岩群下部湘河片麻岩, 石墨斜长片麻岩-黑云斜长片麻岩建造	晶质石墨	沉积变成型	商南县湘河晶质石墨矿	
新太古代		太华岩群	大理岩建造, 磁铁石英岩(条带状硅铁)建造	大理岩Fe	沉积受变质型	潼关县玉石峪大理岩 潼关县太要铁矿	
		鱼洞子岩群 涑水岩群	磁铁石英岩(条带状硅铁)建造		火山-沉积受变质型	略阳县鱼洞子铁矿 韩城市阳山庄铁矿	

二叠纪太原组、二叠纪山西组、石盒子组和吴家坪组、三叠纪须家河组、延长组和瓦窑堡组、侏罗纪白田坝组、延安组等地层单位,以及汉江、嘉陵江支流的第四纪全新世河谷砂砾层属陕西煤、油页岩、铁、锰、磷、钒、铜、铅、锌、铝土矿、银、砂金、重晶石、黏土矿、石灰岩等主要矿产的重要含矿地层(董王^等, 2024)。含矿地层对成矿的控制作用主要表现在以下3个方面。

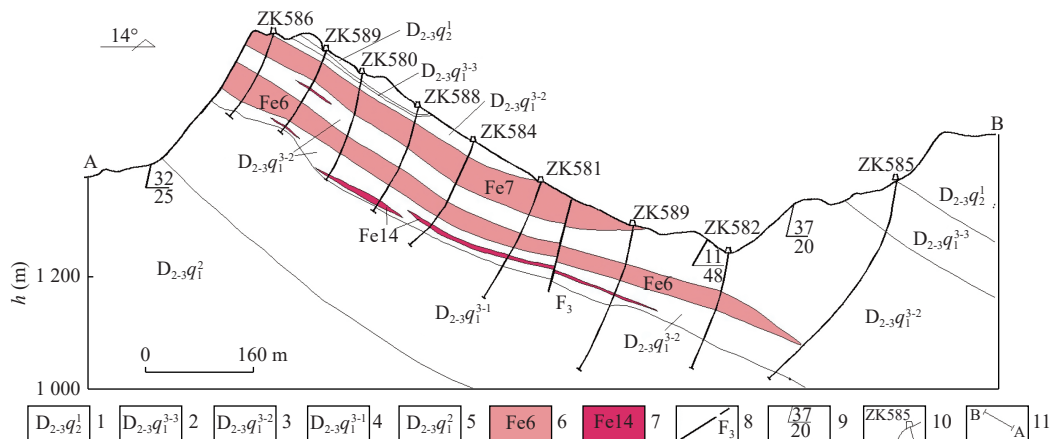
(1) 含矿地层主要控制海/陆相沉积型、生物化学沉积型、火山-沉积受变质型和层控热液型矿床的形成与分布。

(2) 不同时代的含矿地层控制不同种类矿产的形成与分布。例如,新太古代鱼洞子岩群、涑水岩群,主要控制火山-沉积受变质型铁矿床的形成与分布,前者如略阳县鱼洞子-黑沟一带的磁铁矿床,后者如韩城市阳山庄一带的磁铁矿床。新元古代震旦纪陡山沱组控制海相沉积型磷锰矿的形成与分布。例如,汉中市天台山-略阳县张户坝-宁强县黎家营一带的磷锰矿床及镇巴县石堡山-紫阳县屈家山一带的锰矿床。早古生代寒武纪水沟口组控制海相沉积型钒矿的形成与分布。例如,山阳夏家店-商南千家坪钒矿集区内之诸钒矿床。晚古生代泥盆纪古

道岭组、青石垭组则控制层控热液型铅锌银多金属矿床的形成和分布,前者如凤-太矿集区以铅铜山铅锌矿床为代表的一系列大、中型铅锌矿床,后者如柞水-山阳矿集区以柞水县银洞子银矿床为代表的一系列铅锌银多金属矿床。晚古生代石炭纪本溪组、二叠纪吴家坪组控制铝土矿的形成与分布(杨合群^等, 2023),前者如府谷县天桥则铝土矿床,后者如西乡县黄梨沟铝土矿床。第四纪全新世汉江、嘉陵江中上游支流(河谷)I级阶地及河漫滩砂砾层控制砂金矿床的形成与分布,前者如汉江支流月盆地的安康市恒口(月河)砂金矿床(表2, 图2),后者如略阳县嘉陵江砂金矿床等。

综上所述,就金属矿产而言,地质历史早期(新太古代—早古生代寒武纪)含矿地层主要控制铁、锰、钒等黑色金属矿产的形成与分布;中期(晚古生代泥盆纪—二叠纪)含矿地层主要控制铅、锌、铝等有色金属矿产的形成与分布;晚期(第四纪)含矿地层则主要控制砂金矿的形成与分布。

(3) 含矿地层包含的矿床/体属其自身的组成部分,矿体主要呈层状、似层状及透镜状赋存于含矿地层中,矿体产状与含矿地层产状一致或基本一致(图1、图2)。



1.硅质板岩、砂质板岩; 2.中上泥盆统青石垭组磁铁重晶石绢云千枚岩、板状千枚岩; 3.中上泥盆统青石垭组含菱铁矿-重晶石泥岩-硅质岩-碳酸盐岩建造; 4.钙质绢云千枚岩; 5.绢云千枚岩; 6.层状菱铁矿体及编号; 7.脉状菱铁矿及编号; 8.断层及编号; 9.地层产状; 10.钻孔及编号; 11.勘探线剖面及编号(据陕西省地质调查院, 2013 修改)

图1 柞水县大西沟铁矿勘探线剖面图

Fig. 1 Profile of exploration line of Daxigou Iron Mine in Zhashui

2.2 容矿地层

容矿地层先于矿床/体形成,其主要为矿体提供赋矿围岩或储矿空间。通过总结陕西容矿地层与相关矿床/体之关系后发现,其主要控制或影响岩浆热液型、构造热液型、斑岩型及接触交代型等后生矿床的形成

与分布。容矿地层对该类矿床的控制作用表现两方面。

(1) 以碳酸盐岩类岩石为主的容矿地层,主要控制构造热液型汞锑矿床和接触交代型铁、铜、铅、锌、钨、钼等矿床的形成与分布(表3)。

就构造热液型汞锑矿而言,陕西累计发现24处

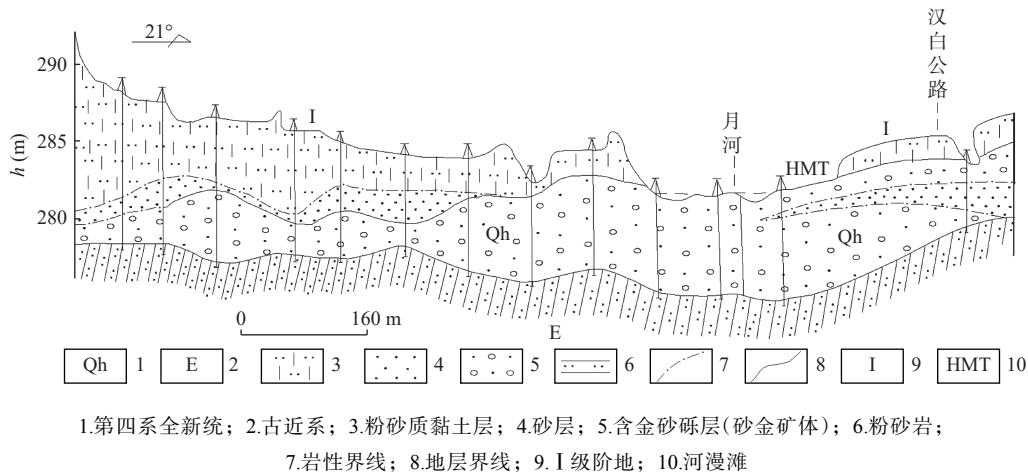


图2 安康市恒口砂金矿区勘探线剖面图 (据张德常, 1988)

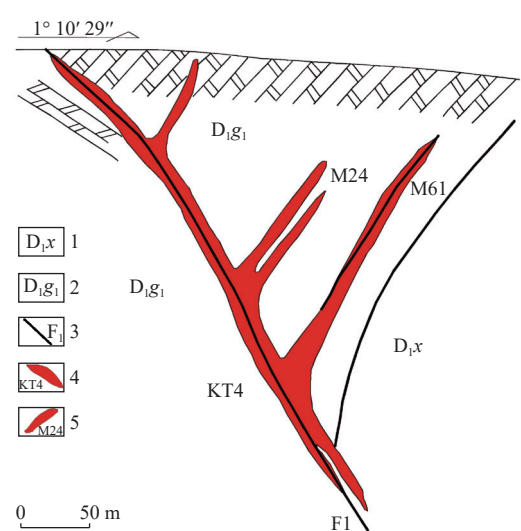
Fig. 2 Profile of exploration line of Hengkou placer gold mining area in Ankang

表 3 陕西碳酸盐岩容矿地层及其控制的矿产

Tab. 3 Carbonate rock host strata in Shaanxi and their controlled deposit types and mineral types			
矿床类型	矿产种类	容矿地层	典型矿床
构造热液型矿床	Hg Sb	石炭纪袁家沟组石灰岩	山阳县丁家山汞锑矿
		泥盆纪公馆组白云岩	旬阳县青铜沟汞锑矿床
		古元古代秦岭岩群雁岭沟岩组大理岩	丹凤县蔡凹锑矿
接触交代 (矽卡岩)型矿床	Fe Cu Pb Zn W Mo	泥盆纪桐峪寺组石灰岩	山阳县小河口铜矿, 袁家沟铜多金属矿
		寒武纪—奥陶纪石瓮子组白云石大理岩	镇安县东阳钨矿, 宁陕县大西沟钨矿
		中—新元古代宽坪岩群谢湾岩组大理岩	蟒岭西部铅锌铜钼多金属矿
		中元古代蓟县纪官道口群巡检司组白云岩	洛南县木龙沟铁铜多金属矿

此类汞锑矿床(点), 其主要分布于陕南旬阳市公馆—青铜沟、镇安县马家沟—山阳县丁家山、商洛市商州区高岭沟—丹凤县蔡凹 3 个地带。该类汞锑矿均产于碳酸盐岩容矿地层的褶皱—断裂带, 矿体受褶皱轴部纵向(近 EW 向)、斜向(NE 向及 NW 向)及横向(近 SN 向)断裂控制。其中, 著名的公馆—青铜沟汞锑矿田内大、中型汞锑矿床的容矿围岩均为公馆组白云岩(图 3), 镇安马家沟—山阳丁家山一带的狄家沟、马家沟、杨家岭和西坡岭、丁家山等锑汞矿之容矿围岩均为袁家沟组灰岩, 商州区高岭沟及丹凤县蔡凹锑矿之容矿围岩均主要为秦岭岩群雁岭沟岩组大理岩。

就接触交代型矿床而言, 陕西累计发现 50 余处该类铁、铜、铅、锌、钨、钼等矿床(点), 其大多数产于中生代中酸性岩体与碳酸盐岩类地层接触带及其附近矽卡岩中。碳酸盐岩类地层以其化学性质活泼、容易分解、物理性质脆等有利条件, 控制矽卡岩型矿床的形成与分布(翟裕生等, 2011)。例如, 洛南县木龙沟铁铜多金属矿床产于燕山期花岗闪长斑岩体与中元古代蓟县纪官道口群巡检司组碳酸盐岩接触带,

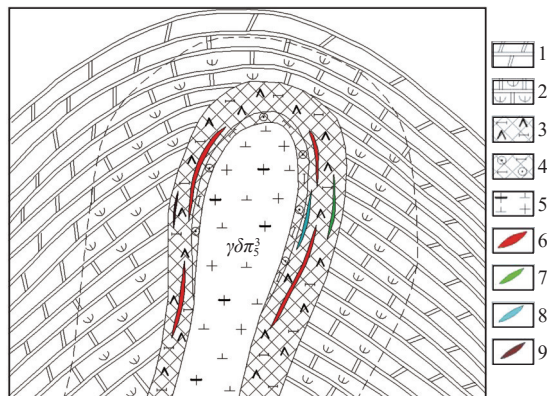


1. 下泥盆统西岔河组砂岩; 2. 下泥盆统公馆组第一段厚层白云岩;
3. 断裂及其编号; 4. KT4 汞锑矿体及其编号; 5. M24 盲矿体及其编号

图3 青铜沟汞锑矿区容矿地层与矿体之关系(陕西地矿局第一地质队, 1989)

Fig. 3 Relationship between the host strata and ore bodies in the Qingtonggou mercury antimony mining area

近矿围岩为白云石大理岩(图4)。山阳县小河口铜矿床赋存于桐峪寺组细碎屑岩夹石灰岩地层与燕山期花岗斑岩株接触带,近矿围岩为灰岩,矽卡岩化及黄铜矿化发育在花岗斑岩与灰岩接触部位(董王仓等, 2024)。



1.白云石大理岩; 2.蛇纹石化大理岩; 3.透辉-镁橄榄石矽卡岩;
4.次透辉石-石榴子石矽卡岩; 5.燕山期花岗闪长斑岩; 6.磁铁矿
体; 7.铜矿体; 8.钼矿体; 9.锌矿体

图4 洛南县木龙沟铁铜多金属矿成矿模式图

(据董王仓等, 2024)

Fig. 4 Metallogenic model of mulonggou iron copper poly-metallic deposit in Luonan

综上所述,碳酸盐岩类容矿地层对构造热液型汞、锑矿床和接触交代型铁、铜、铅、锌、钨、钼等矿床形成与分布具有控制作用。反之言之,以上两种类型矿床对容矿地层的建造类型具有明显的选择性,即碳酸盐岩类建造是其最为有利而重要的容矿围岩条件。

(2)以变质碎屑岩和变质火山碎屑岩-沉积岩建造为主的容矿地层,主要控制岩浆热液型及构造热液型矿床的形成与分布。陕西境内除汞、锑之外的构造热液型和岩浆热液型矿床近340处。其中,以金、银、铜、铅、锌为主的构造热液型矿床(点)130余处,以金、银、铜、铅、锌、钼、钨为主的岩浆热液型矿床(点)200余处(周小康等, 2020; 董王仓等, 2024)。上述矿床(点)的容矿地层主要为各种千枚岩、片岩及片麻岩地层。以金矿为例,陕西有岩浆热液型金矿床(点)50余处、构造热液型金矿床(点)60余处。其中,岩浆热液型金矿床以小秦岭(潼关及洛南)金矿田为代表。该矿田内的金矿床(体)受区域性大月坪-金罗斑东西向复式背形及其两翼“斜方网格状”韧-脆性断裂控制,容矿地层均为新太古代太华岩群黑云斜长片麻岩及角闪斜长片麻岩等变质岩;构造热液型金矿床以凤-太矿集区的凤县庞家河金矿、八卦庙金矿、汉阴黄龙-安康石梯矿

集区的汉阴县黄龙金矿、勉-略-阳矿集区的略阳县铍厂沟金矿、山阳夏家店-商南千家坪矿集区的山阳县夏家店金矿、商丹板块构造带内的周至县马鞍桥金矿等一系列金矿床为代表,金矿均受韧性-脆韧性断裂控制,其容矿地层主要为泥盆纪大草滩组粉砂质千枚岩及变质粉砂岩(凤县庞家河金矿)、泥盆纪星红铺组铁白云质粉砂质千枚岩(凤县八卦庙金矿)、志留纪梅子垭组含碳绢云母石英片岩(石泉-汉阴一带金矿)、南华纪金家河绢云石英千枚岩夹钠长绿帘绿泥片岩(略阳县铍厂沟金矿)、寒武纪水沟口组硅质板岩及含碳泥质板岩(山阳县夏家店金矿)、早古生代罗汉寺岩组变质粉砂岩及绢云千枚岩(周至县马鞍桥金矿)。

综上所述,陕西境内的构造热液型和岩浆热液型金、银、铜、铅、锌、钼、钨等矿床(点)的容矿地层,主要以变质碎屑岩和变质火山碎屑岩-沉积岩建造为主,成矿对容矿地层的建造类型无明显的选择性。

2.3 矿源层

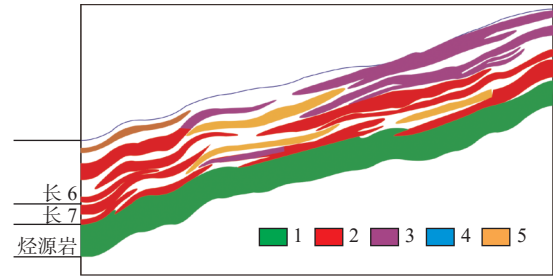
矿源层的概念最早由澳大利亚学者 C.L.K.奈特于1957年提出。认为许多金属硫化物矿床的成矿物质来源于沉积岩层中的某些同生沉积硫化物。当这些地层在温度升高时,促使成矿物质活化转移到有利的构造部位和岩层中聚集成矿(李瑞峰等, 2013)。20世纪60年代后,矿源层被认为是成矿元素丰度较高(正异常)的地层或矿质初步富集的矿胚层,泛指提供成矿物质来源的地层。20世纪70年代以来,国内外研究表明,矿源层不一定是成矿元素含量高的地层,其所含成矿元素接近地壳丰度,甚至低于地壳丰度的地层也可以成为矿源层。多年来的矿产勘查及科研工作表明,陕西有许多此类矿源层,并大体分出以下两种类型。

一种是能源矿产的矿源层,主要指为陕北石油、天然气、铀等矿产提供成矿物质来源的地层(表4)。如陕北鄂尔多斯盆地中生代三叠纪延长组长10段暗色泥岩、长9段李家畔页岩、长7段张家滩页岩等生油岩系(烃源岩/油源岩)、侏罗纪延安组延8段暗色泥岩、延9段暗色泥岩等生油岩系属陕北三叠系油田、侏罗系油田的主要矿源层(高岗等, 2021; 杨合群等, 2023; 胡双全等, 2023),其为生物化学沉积-再造型油田提供了丰富的油源(图5),如晚古生代石炭纪—二叠纪本溪组、太原组和山西组煤系地层中以暗色泥岩为主的烃源岩属陕北天然气田的主要矿源层。其次为生物化学沉积-再造型天然气田提供了丰富的气源(胡双全等, 2023),如侏罗纪直罗组灰色砂岩属鄂尔

表 4 陕西主要矿源地层一览表(据董王仓等, 2024)

Tab. 4 List of source bed in Shaanxi Province

地质年代		矿源地层	地质建造	控矿情况		
				有用组分	矿床类型	代表性矿床/田
中生代	侏罗纪	直罗组	含铀碎屑岩建造(铀源岩)	U	层控热液型	双龙砂岩型铀矿床
		延安组	含油碎屑岩建造 (延8段、延9段暗色泥岩)	石油		靖边中山洞-梁镇油田
	三叠纪	延长组	含油碎屑岩建造(长10、长9李家畔页岩、长7张家滩页岩)	石油	生物化学沉积-再造型	延长七里村油田
						靖边中山洞-梁镇油田
古生代	二叠纪	山西组	含烃暗色泥岩建造(生气岩系)	天然气		靖边气田
	石炭纪	太原组	含烃暗色泥岩建造(生气岩系)	天然气		延安气田
		本溪组	含烃暗色泥岩建造(生气岩系)	天然气		大牛地气田
	奥陶纪	马家沟组马五段	含烃泥岩-泥质白云岩建造	天然气		靖边气田
	中元古代	武当岩群	变质酸性火山-火山沉积建造	Au、Ag	构造热液型	白河县大兴银金矿床
新太古代	太华岩群	变质海相火山-沉积建造	Au	岩浆热液型	潼关县桐峪金矿床	



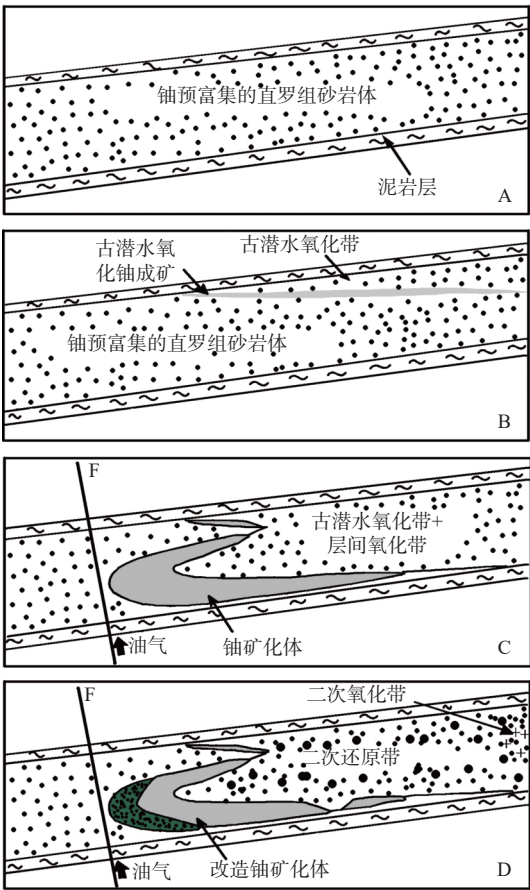
1.延长组长7段张家滩页岩(烃源岩/矿源层); 2.油层组;
3.运移路径; 4.水层; 5.干层

图5 陕北三叠系(延长组)油藏成藏模式: 下生上储式
(据胡双全等, 2023)

Fig. 5 Reservoir formation mode III of the triassic (Yanchang formation) in Northern Shaanxi: lower generation and upper storage

多斯盆地砂岩型铀矿的主要矿源层(李子颖等, 2010; 冯晓曦等, 2017)。以双龙、东胜等大型、超大型砂岩型铀矿为代表的一系列铀矿床则主要赋存于直罗组砂岩中。以往研究表明, 直罗组砂岩 U 元素预富集达***, 围岩 U 含量达***。铀矿体及围岩 REE 配分曲线总体一致, 说明两者铀源具一致性。直罗组沉积过程中预富集的铀为主要成矿铀源(冯晓曦等, 2017; 刘坤鹏等, 2024)。直罗组砂体现测 U 含量为***~***, 平均 U 含量为***。原始 U 含量(U_0)平均值高达***, 表明直罗组具有典型的富铀砂体特点, 从而为后期氧化还原成矿作用奠定了铀源基础(图 6)。U-Pb 同位素研究也表明, 直罗组氧化带岩石丢失了大量铀, 进一步说明其属铀矿的重要来源(李子颖等, 2010)。

另一种类型是为某些类型金、银、铜等金属矿床提供成矿物质来源的地层。例如, 新太古代太华岩群



A. 铀预富集阶段(形成铀源岩); B. 古潜水氧化作用阶段;
C. 古层间氧化作用阶段; D. 油气还原加热改造阶段

图6 陕北鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿模式
(据李子颖等, 2010)

Fig. 6 Metallogenic model of sandstone type uranium deposits in the Northeast Shaanxi of ordos basin

属小秦岭金矿田岩浆热液(石英脉)型金矿床的矿源层, 中元古代武当岩群属湖北竹山县银洞沟-陕西白

河县大兴构造热液型金银矿床的矿源层。

小秦岭金矿田相关金矿床的成因主要有变质热液成矿(朱奉三等, 1982; 栾世伟, 1990)和花岗岩浆热液成矿(晁援等, 1989; 胡受奚等, 1991)两种不同认识, 但就金矿的成矿物质来源目前基本达成共识, 即古老基底岩系太华岩群属金矿的矿源层, 后期构造变形热动力变质作用、混合岩化及燕山期花岗岩浆活动促使金等元素发生活化、迁移和富集(阎军, 1991; 陕西省矿产地质调查中心, 2020; 王清明等, 2023)。

陕鄂交界地带的湖北银洞沟银金矿、陕西大兴银金矿均赋存于银洞沟—大南沟背斜近轴部中元古代武当岩群杨坪岩组, 矿化受纵向断裂及其旁侧次级断裂蚀变带控制, 其矿床类型属浅成中低温矿床之构造热液型矿床(董王仓等, 2024)。已有的研究成果表明, 金、银等成矿物质主要来源于容矿地层武当岩群(吴贤奎, 1988), 即武当岩群属该金银矿的矿源层。

值得注意的是, 陕西已发现多个兼具多重属性的地层, 即这些地层兼具含矿地层、容矿地层两种属性, 甚至同时具有含矿地层、容矿地层和矿源层3种属性。如陕鄂交界地带的中元古代武当岩群, 既是构造热液型银金矿(湖北银洞沟银金矿床, 陕西大兴银金矿床)的容矿地层, 同时也是该类金银矿床的矿源层, 为成矿提供了成矿物质来源; 又如陕北鄂尔多斯盆地的石炭纪—二叠纪山西组、太原组煤系地层, 其中的含煤碎屑岩建造属煤矿的含矿地层, 控制着石炭系—二叠系煤田的形成与分布。而该煤系地层中的暗色泥岩建造则是陕北天然气田的主要矿源层(烃源岩/生气层), 控制着天然气田(藏)的形成与分布; 再如分布于渭北地区的三叠纪延长组, 该组的长7段张家滩页岩是油页岩矿的含矿地层, 控制彬县—铜川—黄陵油页岩矿带的分布(董王仓等, 2024)。而该组的长10段暗色页岩、长9段李家畔页岩、长7段张家滩页岩等页岩建造又是陕北三叠系油田(藏)的主要矿源地层(烃源岩/生油层), 该组的长6段、长2段等砂岩建造则又是三叠系油田的主要容矿地层(石油储层)。

3 结论

(1)含矿地层, 主要控制海/陆相沉积型、生物化学沉积型、沉积受变质型和层控热液型矿床的形成与分布。具体而言, 成矿受含矿地层的一定层位、一定类型的沉积建造或变质建造控制。因此, 地质找矿过程中,

既要重视含矿地层, 更应注意含矿地层内与成矿关系密切的特定层位及其地质建造类型。此外, 不同时代含矿地层控制不同矿种的形成与分布。就金属矿产而言, 新太古代—早古生代含矿地层主要控制铁、锰、钒等黑色金属矿产, 晚古生代含矿地层主要控制铅、锌、铝等有色金属矿产, 第四纪含矿地层控制砂金矿的形成与分布。依据含矿地层的时间成矿规律性提出了“什么地层找什么矿”的找矿工作思路。

(2)容矿地层, 主要控制或影响岩浆热液型、构造热液型、斑岩型及接触交代型等后生矿床。其中, 构造热液型汞、锑矿床对容矿地层的岩石类型有明显的选择性, 而岩浆热液型和构造热液型金、银、铜、铅、锌、钼、钨等矿床则对容矿地层的岩石类型无明显选择。因此, 构造热液型汞、锑矿的找矿工作, 应将碳酸盐岩容矿围岩作为重要的成矿要素和预测要素, 而岩浆热液型及构造热液型金、银、铜、铅、锌、钼、钨的找矿工作, 容矿围岩的岩石类型并非重要成矿要素。

(3)矿源层, 主要为油气田(藏)及某些类型金、银、铀等矿床提供成矿物质来源。陕西境内的一种矿源层为生油、生气地层和铀源地层。其中, 生油地层主要为三叠纪延长组长10段暗色泥岩、长9段李家畔页岩、长7段张家滩页岩等, 以及侏罗纪延安组延8段暗色泥岩、延9段暗色泥岩等; 生气地层主要有石炭纪—二叠纪本溪组、太原组和山西组煤系地层暗色泥岩; 铀源地层主要为侏罗纪直罗组灰色砂岩。另一种矿源层为金、银、铜等金属矿床提供成矿物质来源。目前, 比较公认的有新太古代太华岩群, 属小秦岭金矿田岩浆热液脉型金矿床的矿源层; 中元古代武当岩群, 为鄂陕交界处湖北竹山县银洞沟—陕西白河县大兴一带构造热液型金银矿床的矿源层。因此, 今后除继续重视已知矿区(田)边、深部找矿外, 还应重视已知矿区所在区域矿源层分布地区(段)的找矿工作, 以期发现新的矿产地。

(4)多重属性地层, 新太古代太华岩群、中元古代武当岩群、石炭纪—二叠纪太原组、二叠纪山西组、三叠纪延长组等具有两种或3种属性, 其内蕴藏着极为丰富的煤、石油、天然气、油页岩等能源矿产及金银等贵金属矿产, 它们属陕西最重要的与成矿有关的地层单位。今后应对此类地层单位与成矿作用之间的多重关系开展系统深入的研究, 以丰富区域成矿地质条件及成矿规律研究内容, 服务于地质找矿工作。

致谢: 《中国矿产地质志·陕西卷》研编期间,

得到了中国矿产地志专家委员会陈毓川院士、宋小文教授级高工、王登红研究员等专家学者的指导。论文编写过程中,中国地质调查局西安地质调查中心杨合群研究员及陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院胡双全正高级工程师提出了许多意见和建议,在此一并表达谢意。

参考文献(References):

- 晁援,卫旭辰.陕西小秦岭金矿控矿条件及脉体评价标志[M].北京:地质出版社,1989.
- 董王仓,李维成,胡双全,等.中国矿产地志 陕西卷[M].北京:地质出版社,2024.
- 冯晓曦,金若时,司马献章,等.鄂尔多斯盆地东胜铀矿田铀源示踪及其地质意义[J].中国地质,2017,44(5):993-1005.
- FENG Xiaoxi, JIN Ruoshi, SIMA Xianzhang, et al. Uranium source tracing and its geological significance in the Dongsheng Uranium ore field of the Ordos Basin[J]. *Geology of China*, 2017, 44(5): 993-1005.
- 高岗,梁晓伟,朱康乐,等.鄂尔多斯盆地长7段源储组合特征与油气成藏模式[J].西北地质,2021,54(3):199-204.
- GAO Gang, LIANG Xiaowei, ZHU Kangle, et al. Characteristics of source reservoir assemblages and oil and gas accumulation models in the Chang 7 member of the Ordos Basin[J]. *Northwestern Geology*, 2021, 54(3): 199-204.
- 胡受奚,陈泽铭,周顺之,等.中国河南东秦岭—桐柏成矿区、带的划分[J].大地构造与成矿学,1991,(1):55-61.
- HU Shouxi, CHEN Zeming, ZHOU Shunzhi, et al. Division of the East Qinling Tongbai Metallogenic Region and Belt in Henan, China[J]. *Geotectonics and Metallogeny*, 1991, (1): 55-61.
- 胡双全,许璟,李园园,等.中国矿产地志 陕西卷 油气矿产[M].北京:地质出版社,2023.
- 李瑞峰,刘小滨,费书民,等.关于矿源层和成矿物质来源的探讨[J].吉林地质,2013,32(1):21-23.
- LI Ruifeng, LIU Xiaobin, FEI Shumin, et al. Discussion on the Source Layer and Source of Metallogenic Materials[J]. *Jilin Geology*, 2013, 32(1): 21-23.
- 李子颖,方锡珩,陈安平,等.鄂尔多斯盆地东胜砂岩型铀矿叠合成矿模式[J].矿床地质,2010,29(S1):145-146.
- LI Ziyang, FANG Xiheng, CHEN Anping, et al. Deposit Geology of Dongsheng Sandstone Type Uranium Deposit in the Ordos Basin[J]. *Mineral Deposits*, 2010, 29(S1): 145-146.
- 刘坤鹏,刘凯鹏,王晓鹏,等.鄂尔多斯盆地南部建庄地区直罗组铀矿化定位研究[J].西北地质,2024,57(1):230-238.
- LIU Kunpeng, LIU Kaipeng, WANG Xiaopeng, et al. Study on Uranium Mineralization Location of Zhiluo Formation in Jianzhuang Area, Southern Ordos Basin[J]. *Northwestern Geology*, 2024, 57(1): 230-238.
- 栾世伟,陈尚迪.小秦岭金矿主要控矿因素及成矿模式[J].地质找矿论丛,1990,5(4):1-14.
- LUAN Shiwei, CHEN Shangdi. Main ore-controlling factors and mineralization models of the Xiaoqinling gold deposit[J]. *Geological Prospecting Thesis*, 1990, 5(4): 1-14.
- 陕西省地质调查院.中国区域地质志 陕西志[M].北京:地质出版社,2017.
- 陕西省地质矿产局.陕西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- 陕西省地质矿产局.陕西省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1998.
- 陕西地矿局第一地质队.旬阳县青铜沟汞锑矿床勘探报告[R].1989.
- 陕西省地质调查院.陕西省矿产资源潜力评价成果报告[R].2013.
- 陕西省矿产地质调查中心.陕西小秦岭金矿田成矿规律与深部成矿预测研究成果报告[R].2020.
- 吴贤奎,周骏华,王寿琼.湖北省竹山县银洞沟银金矿床[R].湖北省鄂西北地质矿产调查所,1988.
- 王洁明,董苏庆,雷群英.陕西金矿成矿规律与找矿靶区圈定[J].西北地质,2023,56(5):308-321.
- WANG Jieming, DONG Suqing, LEI Qunying. Metallogenic Regularity and Prospecting Target Delineation of Shaanxi Gold Deposit[J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(5): 308-321.
- 阎军.小秦岭地区太华群中矿源层的形成及其演化[J].西北地质,1991,24(2):5-11.
- YAN Jun. Formation and Evolution of the Source Beds in the Taihua Group in the Xiaoqinling Area[J]. *Northwestern Geology*, 1991, 24(2): 5-11.
- 杨合群,赵国斌,陈高潮,等.鄂尔多斯地区成矿谱系及成矿演化史[J].西北地质,2023,56(2):178-188.
- YANG Hequn, ZHAO Guobin, CHEN Gaochao, et al. Metallogenic Pedigree and Metallogenic Evolution History in Ordos Area, China[J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(2): 178-188.
- 姚凤良,孙丰月.矿床学教程[M].北京:地质出版社,2006.
- 翟裕生,姚书振,蔡克勤,等.矿床学(第三版)[M].北京:地质出版社,2011.
- 张德常.月河砂金矿控矿条件及富集规律[J].地质与勘探,1988(7):23-28.
- ZHANG Dechang. Control conditions and enrichment patterns of the Yuehe placer gold deposit[J]. *Geology and Exploration*, 1988(7): 23-28.
- 周小康,李维成,董王仓,等.陕西省铅锌矿资源特征及时空分布规律概论[J].西北地质,2020,53(3):127-139.
- ZHOU Xiaokang, LI Weicheng, DONG Wangcang, et al. A Preliminary Study of the Characteristics of Lead-zinc Deposits in Shaanxi Province and Their Distribution Laws[J]. *Northwestern Geology*, 2020, 53(3): 127-139.
- 朱奉三.金矿床成因类型划分的讨论[J].黄金,1982,22-25.
- ZHU Fengsan. Discussion on the Classification of Genetic Types of Gold Deposits [J]. *Gold*, 1982, 22-25.