

文章编号: 0258-7106 (2000) 03-0201-10

西秦岭礼县—太白地区金、铅锌 矿床的地质地球化学

谭运金

邵世才

(桂林矿产地质研究院, 桂林 541004) (北京矿产地质研究所, 北京 100012)

田民

(西北有色金属地质勘查局 717 总队, 宝鸡 721000)

提 要: 礼县—太白地区的金、铅锌矿床产于泥盆纪沉积盆地。它们都是沉积改造型矿床, 其含矿建造是中泥盆统或中上泥盆统。根据矿床的地质、地球化学特征, 该地区的铅锌矿床可以分为 2 类, 厂坝式和邓家山-八方山式矿床。金矿床可分 3 类, 李坝式、八卦庙式和双王式矿床。厂坝式铅锌矿床产于强变质、弱变形地区, 属于与变质作用有关的沉积改造型矿床; 邓家山-八方山式铅锌矿床产于强变形、弱变质地区, 属于与构造动力作用有关的沉积改造型矿床。李坝式金矿床是赋存在浊积岩内的微细浸染型金矿床; 八卦庙式金矿床是产于浅变质细碎屑岩内的石英细脉型金矿床; 双王式金矿床是产于钠长碳酸盐角砾岩内的微细浸染型金矿床, 来自上地幔或下地壳的流体和物质参与了这类金矿床的成矿作用。八卦庙式金矿床与邓家山-八方山式铅锌矿床之间存在成因和密切的空间联系。

关键词: 礼县—太白地区 金矿床和铅锌矿床 地质地球化学

中图法分类号: P569 **文献标识码:** A

1 区域成矿地质背景

根据已有的研究成果^[1-3]和作者的观察、研究, 对礼县—太白地区的铅锌、金矿床的区域成矿地质背景, 提出以下认识:

(1) 礼县—太白地区的铅锌矿床(点)和金矿床(点), 绝大部分产于泥盆纪沉积盆地内(图 1)。主要的含矿建造是中泥盆统或中上泥盆统。根据泥盆系沉积建造的特点, 以礼县-白云-镇安同生深大断裂为界, 将礼县—太白地区的泥盆纪沉积作用及其产物分为两类: 断裂北侧的中泥盆世沉积作用形成了以李坝群(原定为舒家坝群)为代表的复理石相沉积, 具典型的深水浊流沉积特征; 断裂南侧的泥盆纪沉积作用形成了以王家楞组、古道岭组和星红铺组(或安家岔组和西汉水组)为代表的浅海相碳酸盐-细碎屑岩岩相沉积。

(2) 礼县—太白地区的泥盆系, 均不同程度地经历过构造变形作用。礼县-白云-镇安深断裂北侧的泥盆系, 其构造变形主要受印支-燕山期强烈陆内块断运动及伴随的大规模岩浆侵入

基金项目: 国家西部科技攻关项目 96-914-02-04 和 01-04 专题的部分成果

第一作者简介: 谭运金 (1941—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事矿床矿物学和矿床地球化学研究工作

收稿日期: 1999-05-17, 修订日期: 2000-03-30

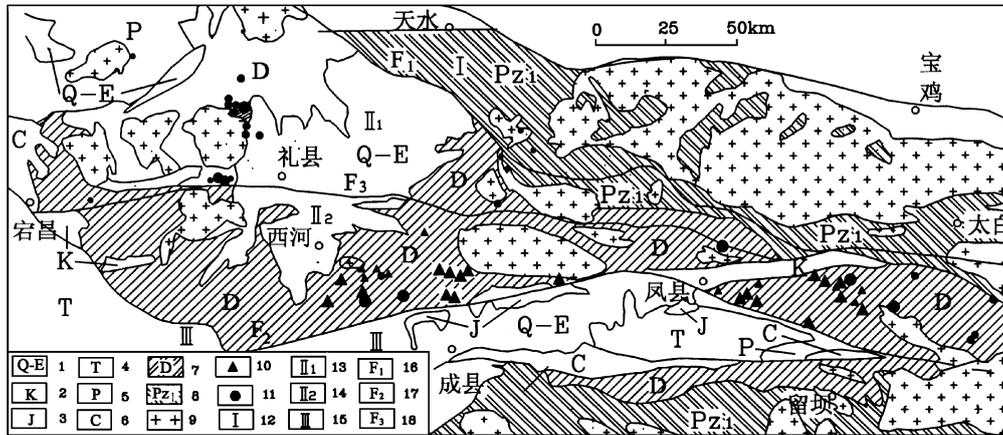


图1 秦岭地区礼县-太白矿化集中区地质简图

1—第三系-第四系；2—白垩系；3—侏罗系；4—三叠系；5—二叠系；6—石炭系；7—泥盆系；8—下古生界；9—花岗岩；10—铅锌矿床；11—金矿床；12—北秦岭褶皱带；13—中秦岭褶皱带北亚带；14—中秦岭褶皱带南亚带；15—南秦岭褶皱带；16—武山-商丹断裂带；17—临潭-镇安断裂带；18—礼县-山阳断裂带

Fig. 1. Diagrammatic geological map of Lixian-Taibai mineralized belt in Qinling area.

1— Tertiary-Quaternary; 2— Cretaceous; 3— Jurassic; 4— Triassic; 5— Permian; 6— Carboniferous; 7— Devonian; 8— Lower Paleozoic; 9— Granite; 10— Lead-zinc deposit; 11— Gold deposit; 12— North Qinling folded belt; 13— Northern subbelt of Central Qinling Folded belt; 14— Southern subbelt of Central Qinling folded belt; 15— South Qinling Folded Belt; 16— Wushan-Shangdan fault; 17— Lintan-Zhen'an fault; 18— Lixian-Shanyang fault.

挤压作用控制，在花岗岩基周边的泥盆系，构造变形强烈，褶皱构造轴线和断裂走向往往与岩体边缘近于平行，呈弧形产出。礼县-白云-镇安深断裂南侧的泥盆系，按照其变质、变形特点，将其分为两类：强变质、弱变形的泥盆系；浅变质、强变形的泥盆系。

强变质、弱变形的泥盆系集中于西成泥盆纪沉积盆地的吴家山背斜，主要由中泥盆统安家岔组构成，其岩性组合为经历过绿片岩—角闪岩相变质作用的黑云片岩、石英片岩、黑云石英片岩和大理岩。这套岩层的构造变形较弱，其区域构造变形主要是轴向延伸达10 km的褶皱构造（吴家山背斜），褶皱延伸及倾伏较稳定，两翼岩层产状正常，且多较平缓。在这类岩层展布区内，除控制沉积作用的同生断裂外，其它断裂构造的规模较小，未引起强烈的构造变形。

浅变质、强变形的泥盆系广泛出露于西成、凤太泥盆纪沉积盆地内，由展布在吴家山背斜之外的安家岔组、西汉水组、凤太地区的古道岭组和星红铺组构成。其岩性组合表现为浅变质千枚岩、泥质粉砂岩和白云质灰岩。这类岩层经历了强烈的构造变形，主要表现为由这类岩层组成的褶皱构造具十分复杂的几何形态，各类中小型褶皱，尤其是晚期剪切褶皱，无根褶皱（它们是在较深层次环境下，层理面已丧失运动面的作用，形成不同程度的层理交切和置换的结果），在千枚岩与灰岩互层的岩性段，则形成了典型的类似紧闭褶皱区发育的面理

置换。在这类岩层发育区,除发育了走向与褶皱轴向一致的压性或压扭性断裂外,还普遍存在走向NE、NNE或近SN向的扭性断裂,各种挤压片理化带、剪切带和密集裂隙带。这些构造变动作用,导致岩层发生强烈的构造变形。

(3) 礼县-白云-镇安深断裂以南的泥盆系,按其沉积相的组合特点,可以分为两类:①陆缘洼地-深水潮坪至泻湖-半开阔台地-局限台地相组合;②生物滩礁-滩后浅水盆地(泻湖)-潮坪相组合。前者的岩性组合特点表现为粉砂岩、细砂岩、粉砂岩与泥岩互层;砂岩中粘土杂质含量高;岩石的碳含量高;闪锌矿和黄铁矿呈韵律状条带或粒序层产于岩石内。这些特点表明它们是在水动力条件较弱的半开阔浅水区还原环境中沉积的。后者的岩性特征表现为生物灰岩、生物碎屑灰岩、砂质灰岩、白云石化和硅化灰岩、黑色泥晶灰岩和泥岩组合;它们呈韵律层状产出,韵律下部为生物滩礁相,上部为滩后浅水盆地相,反映水动力条件由强转弱,沉积环境由开放转变为封闭的还原环境。

(4) 礼县—太白地区的岩浆活动强烈,以印支-燕山期的花岗岩类和花岗闪长岩类侵入岩为主。礼县-白云-镇安深断裂北侧的花岗岩类侵入体与金矿化之间存在密切的空间联系。例如,出露面积达280 km²的印支期中川复式岩体的外接触带,出现了李坝、罗坝、金山马泉等金矿床及一批金矿点,显示岩浆活动对这类金矿床(点)成矿作用的控制作用。礼县-白云-镇安深断裂南侧的铅锌矿区和金矿区内,除见及小型岩脉状产出的酸性或中酸性岩外,未见其他岩浆活动产物。

以上所述表明,礼县—太白地区的铅锌、金矿成矿作用与该区泥盆纪沉积盆地的形成、演化关系密切。由于沉积建造形成的区域地质构造背景、沉积环境和沉积相的不同,含矿建造经历的变质、变形特征的差异,晚期岩浆活动产物对成矿作用的影响强弱等,使礼县—太白地区的铅锌矿床和金矿床的地质、地球化学特征呈现出明显差别。

2 礼县—太白地区铅锌矿床类型

礼县-太白地区的铅锌矿床主要分布在礼县-白云-镇安深断裂南侧的西成、凤太泥盆纪沉积盆地内,其成因类型属于沉积改造型铅锌矿床。由于矿床形成的区域构造背景、含矿建造的沉积环境和沉积相、矿化组合及标型矿物成分等特点存在明显的区别,可以将它们划分为两种类型:厂坝式铅锌矿床和邓家山式铅锌矿床。其主要特征列入表1。

(1) 两类铅锌矿床产出的区域构造背景不同。厂坝式矿床集中产于吴家山背斜,该区属于强变质、弱变形的泥盆系展布区。含矿岩系是变质程度较高的黑云片岩、石英片岩、黑云石英片岩及大理岩。区域构造形变较弱,含矿岩层呈单斜层产出;除发育同生断裂外,其他断裂变动较少;矿体呈连续性好的层状、似层状产于含矿岩系内(王集磊等,1996)^[1]。邓家山式铅锌矿床产于浅变质、强变形的泥盆系展布区。含矿岩系是千枚岩、粉砂岩和白云质灰岩等。区域构造变形强烈,产生形态复杂的褶皱构造,由一系列线状倒转和同斜褶皱构成复杂褶皱带;与褶皱构造具成生联系的轴向断裂发育,其力学性质多为压性或压扭性断裂,由这类断裂派生的揉皱状小褶曲、剪切带、面理置换等构造变形对矿体的形成和定位具有重要作用。这类矿床的矿体形态复杂,矿体厚度及矿石品位呈现强烈的变化(王集磊等,1996)^[1]。

(2) 两类铅锌矿床的含矿建造,其沉积环境和沉积相有很大差别。厂坝式矿床的含矿建

造, 其沉积环境是水动力条件较弱的半开阔浅水区, 还原环境, 沉积相组合为陆缘洼地-深水潮坪至泻湖-半开阔台地-局限台地相组合, 目前还没有掌握足够的证据证明该类矿床属后生成因^[4]。邓家山式矿床的含矿建造是在由开放转变为半封闭还原环境形成的, 沉积相组合为生物滩礁-滩后浅水盆地-潮坪相组合。在地层层序上, 厂坝式矿床含矿岩层的层位较低, 属中泥盆统安家岔组下部; 邓家山式矿床含矿岩层的层位较高, 属中泥盆统安家岔组上部或西汉水组下部。

表 1 西成、凤太泥盆纪沉积盆地内铅锌矿床特征

Table 1. Characteristics of lead-zinc deposits in Xicheng and Fengtai Devonian sedimentary basin

矿床		厂坝式铅锌矿床	邓家山式铅锌矿床
含矿层位 含矿层沉积岩环境 矿化主岩 矿体形态 矿石矿物组合		中泥盆统安家岔组中段 断陷滞流沉积岩盆地 黑云母石英片岩、黑云母片岩、 石英片岩夹大理岩 层状 主要为闪锌矿、黄铁矿、方铅矿, 次要为毒砂、磁黄铁矿、斜方硫 锑铅矿、汞银矿、锑黝铜矿	中泥盆统西汉水组 (古道岭组) 碳酸盐台地内部生物礁亚相和洼地亚相 碳酸盐岩 (矿层底部)、泥质岩层 (矿层顶部)、硅质岩 (富矿层) 似层状与层状 主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿, 次要为黄铜矿, 出现 较多的含银矿物, 如银黝铜矿、银金矿、银镍黄铁矿、深 红银矿、黝锑银矿、自然银、银辉铜矿、含银的脆硫锑 铜矿、硫锑铜银矿
矿化特征	Zn/ (Pb+ Zn)	0.818	0.752
	Ag/10 ⁻⁶ (平均值)	4.24~ 29.53 (11.45)	23.52~ 33.74 (-)
	Cu/%	微	0.50~ 0.97
		As、Sb 含量较高	Au、Ag、Cu、Cd 较高, 出现 Hg 0.0074% ~ 0.065%, Au 0.10× 10 ⁻⁶ ~ 0.33× 10 ⁻⁶
矿石构造 闪锌矿特征 矿物微量元素含量 代表性矿床		细粒条带状、层纹状 棕褐色 闪锌矿 Fe、Mn、Ga、In 较高 厂坝、李家沟	中粗粒块状、浸染状 浅棕色与深色 (黑色) 共存 闪锌矿 Zn、Cd、Ge、Hg、Au、Ag 较高 邓家山、八方山、毕家山

(3) 两类铅锌矿床的矿化主岩岩性和微量元素含量特征有差别。厂坝式矿床的矿化主岩是片岩和大理岩, 片岩系统以石英片岩为主, 次为二云石英片岩、石英二云片岩夹长石石英片岩、绢云绿泥片岩, 其原岩为具薄层韵律的泥质粉砂岩和粉砂质泥岩。大理岩系统包括结晶灰岩夹方解黑云片岩、条带状结晶灰岩与方解石英片岩互层、细粒白云岩, 其原岩为碳酸盐岩夹粉砂质泥岩。邓家山式矿床的矿化主岩是千枚岩、生物灰岩和泥质条带灰岩、微晶状硅岩。

表 2 列出了两类铅锌矿床矿化主岩的微量元素含量资料: ①厂坝式矿床的矿体主要赋存在片岩和碳酸盐岩内; 邓家山式矿床的矿体主要赋存在硅质岩或硅化灰岩内。当矿化主岩为碳酸盐岩和片岩时, 厂坝式矿床的矿化主岩, 其 Cu、Pb、Zn 含量较高; 当矿化主岩为硅质岩时, 邓家山式矿床的矿化主岩中 Cu、Pb、Zn 含量较高。由此可见, 矿化主岩的成矿元素含量特点与矿体产出的矿化主岩岩性有依存关系。②厂坝式矿床的矿化主岩, 其微量元素含量的变异幅度较小, 最高值与最低值之间的差异一般不超过一倍。邓家山式矿床的矿化主岩, 其微量元素含量的变异幅度较大, 最高值与最低值之间, 差异一般超过一倍。由此推断, 邓家山式矿床的矿化主岩, 其微量元素活化程度较高。

(4) 两类矿床虽然都属于以锌矿化为主的铅锌矿床, 但是, 它们在矿化特征上仍表现出一定的差别: ①两类矿床的矿石, 其 $Zn/(Pb+Zn)$ 比值不同。厂坝式矿床的矿石, 其 $Zn/$

表2 礼县- 太白地区铅锌矿床矿化主岩的微量元素含量 (10^{-6})

Table 2. Trace element content of mineralized host rocks in lead-zinc deposits of Zlixian-Taibai area

岩性	矿床类型	样数	Cu	Pb	Zn	Ag	Hg	As	Mn	Ba	Sr	Ni	Co	V	Sb	Ti	Cr
碳酸盐岩	厂坝式	58	22	65	182	0.17	0.12	29.8	1199	594	469	17.0	6.5	14.9	2.14	688	48.6
		15	18	55	203	0.16	0.09	17.3	1772	490	377	28.0	4.8	8.0	2.70	1180	19.1
	邓家山式	27	14	16	20	0.06	0.04	7	1228	64	236	9	5	9	1.13	420	16
		60	19	30	69	0.29		32		279	414				7.2		
		14	55	221	411	1.92	0.87	36	430	462	420	102	27				60
		15	13	37	29	0.10	0.62	18	544	168	228	11	5	11	2.69	352	16
		7	36	81	185	0.42	2.56	44	602	644	149	9	7	9	10.17	636	12
硅质岩	厂坝式	21	20	53	163	0.08	0.11	26.3	459	534	180	36.0	11.0	74.0	2.65	2878	19.1
		16	89	101	188	0.24	2.93	48	357	219	104	11	8	19	4.3	762	30
	邓家山式	18	70	2441	1257	7.63		441		243	345				80.4		
		5	40	141	400	0.80	1.07	35	200	107	214	89	47		30.0		93
千枚岩或片岩	厂坝式	76	29	34	122	0.09	0.43	15.9	986	771	162	20.4	8.3	31.2	0.94	1813	64.1
		45	31	30	142	0.07	0.03	14.8	822	673	217	28.8	9.6	50.4	1.35	30.6	84.6
	邓家山式	28	20	13	27	0.06	0.02	13	794	171	116	20	9	36	1.23	2882	35
		13	24	21	24	0.07	1.79	13	794	673	153	16	7	25	2.77	2548	28
		67	28	31	121	0.14		12.8		208	219				1.84		
13	24	22	163	0.95	0.51	39	433	560	229	76	24				70		

注: 据“中国秦岭型铅锌矿床”资料整理

($Pb+Zn$) 比值为 0.818; 邓家山式矿床的矿石, 其 $Zn/(Pb+Zn)$ 比值为 0.752。邓家山式矿床的矿石, 其铅矿化较强。②邓家山式矿床的矿石, 其 Cu、Au、Ag 的含量较高。现有资料显示, 该类矿床的矿石, 其 Cu 含量为 0.5%~0.97%, 许多矿床存在可供综合利用的铜矿化或独立的铜矿体; Ag 含量为 $(23.53\sim 33.74) \times 10^{-6}$, Au 含量为 $(0.10\sim 0.33) \times 10^{-6}$ 。厂坝式矿床的矿石, 其 Ag 含量为 $(4.04\sim 29.53) \times 10^{-6}$, 平均值为 11.45×10^{-6} ; Au、Cu 含量甚微; 但是, 这类矿床的矿石, 具有较高的 Sb、As 含量, 分别达到 127×10^{-6} 与 1174×10^{-6} (李家沟矿床 I 号矿体)。

在反映矿化特征的矿物共生组合特点上, 两类矿床表现出明显区别。厂坝式矿床的矿石, 其矿物共生组合, 除闪锌矿、方铅矿外, 常见的金属矿物是毒砂、磁黄铁矿、黄铁矿; 铜矿物的种类少、含量低。邓家山式矿床的矿石, 除闪锌矿、方铅矿外, 银黝铜矿、银辉铜矿、自然银、银金矿、银镍黄铁矿、黝锑银矿、含银的脆硫锑铜矿等。

(5) 两类矿床的闪锌矿特征不同 (表 3)。厂坝式矿床的闪锌矿是棕褐色, 自形程度低, 粒径一般较细, 光泽较暗淡的闪锌矿。邓家山式矿床的闪锌矿包括浅棕色闪锌矿和黑色闪锌矿: 浅棕色闪锌矿的透明度较高, 自形程度高, 金刚光泽, 与方铅矿、黄铁矿共生, 其粒径不均匀, 一般粒径较细小; 黑色闪锌矿的透明度较低, 半金属光泽, 粒径表明: ①厂坝式矿床的闪锌矿, 其化学成分和微量元素含量特征明显地不同于邓家山式矿床的闪锌矿。前者的 As、Sb、Cu、Ag、Pb 等元素的含量低, Ge 含量高; ②与邓家山式矿床的浅色闪锌矿比较, 厂坝

式矿床的闪锌矿, 其 Fe、S、Ge、As、Sb 含量较高, Cu、Pb、Ag、Zn 等含量较低; 与邓家山式矿床的黑色闪锌矿比较, 厂坝式矿床的闪锌矿, 其 Zn、Ge 含量较高, Fe、S、Ag、Cu、Pb、As、Sb 等含量较低; ③闪锌矿的化学成分与其颜色之间存在依存关系, 闪锌矿的颜色从黑色、棕褐色到浅棕色, 其 Fe、S 含量依次降低, Ga、Zn 含量相应升高。

表 3 礼县- 太白地区铅锌矿床的闪锌矿化学成分及微量元素含量 (%)

Table 3. Chemical composition and trace element content of sphalerite from the lead-zinc deposits in Lixian-Taibai area

颜色	产地	Fe	Cu	Pb	Mn	Co	Cd	Ag*	S	Zn	As	Sb	Ga	Ge
褐棕	厂坝	3.01	4	63	3	11	0.13	5.14	33.02	63.21	9	90	33	8.3
浅棕色	银母寺	1.48	6	266	3	1	0.14	12.26	32.86	64.69	13	14	60	2.8
	二里河	1.48	6	180	3	3	0.15	12.38	32.88	64.78	71	12	58	3.8
	八方山	1.97	6	50	2	11	0.12	1.30	33.02	64.70	18	7	50	2.0
	邓家山	1.48	6	214	3	1	0.14	12.12	32.67	64.73	14	22	59	2.6
	平均	1.60	6	131	2.8	4	0.14	9.52	32.86	64.73	29	14	57	2.8
黑色	银母寺	6.69	11	337	7	10	0.11	51.73	33.26	58.85	130	33	5.2	2.7
	二里河	5.80	27	83	4	11	0.12	4.04	33.35	60.13	150	46	5.6	2.0
	磨沟	7.81	120	29	7	4	0.11	10.34	33.49	58.23	19	110	1.9	2.0
	大黑沟	5.73	120	504	4	9	0.11	50.61	33.15	60.04	15	25	5.1	5.2
	尖崖沟	7.91	8	19	8	6	0.10	11.26	33.60	57.89	29	23	1.9	2.0
平均	6.79	60	194	6	8	0.11	25.70	33.37	59.83	69	48	3.9	2.8	

注: Cu、Pb、Mn、Co、Ag 的含量单位为%, As、Sb、Ga、Ge 的含量单位为 10^{-4} ; 测试者: 矿产地质研究院化验室

(6) 两类矿床与金矿化的空间关系不同。现有资料表明, 厂坝式矿床及其外围, 至今未发现金矿化。邓家山式矿床及其外围, 不同程度地发育了金矿化。例如, 邓家山铅锌矿床外围找到了三洋坝、三华咀、小沟里、安家岔等金矿床。谭家沟金矿点位于银洞梁铅锌矿床的西侧。具超大型矿床规模的八卦庙金矿床座落在八方山铅锌矿床的东侧。

3 礼县—太白地区的金矿床类型

根据矿床的地质、地球化学特征及其与铅锌矿床的空间关系, 将礼县-太白地区的金矿床分为 3 类: 产于浅变质浊积岩内的金矿床 (李坝式金矿床); 产于浅变质细碎屑岩、泥质岩夹不纯碳酸盐岩内的金矿床 (八卦庙式金矿床); 产于钠长质碳酸盐角砾岩内的金矿床 (双王式金矿床)。各类金矿床的主要特征列入表 4。

(1) 三类金矿床产出的区域成矿地质背景不同。李坝式金矿床 (点) 主要分布在出露面积达 280 km^2 的印支期中川复式花岗岩体的周边, 显示金矿的成矿作用与花岗岩浆活动有关。其他两类金矿床产于礼县-白云-镇安深断裂南侧的泥盆纪沉积盆地内。八卦庙式金矿床主要产于浅变质、强变形岩展布区, 区内岩浆活动弱, 金矿区内仅见岩脉产出, 金矿化与断裂构造变动不仅为金矿的成矿作用创造了容矿空间, 而且提供了热动力条件。主要表现在: ①八卦庙式金矿床基本上产于断裂构造变形带, 金矿体或矿化无一例外地产于呈 NNW 向延伸的

表 4 礼县—太白地区主要金矿床类型特征

Table 4. Characteristics of main types of gold deposits in Lixian-Taibai area

矿床	李坝式金矿床	八卦庙式金矿床	双王式金矿床
含金建造	中泥盆统舒家坝组 (李坝群)	中上泥盆统星红铺组	中上泥盆统星红铺组
含金建造沉积环境	深水浊流沉积环境	浅海陆棚潮坪环境	浅海陆相潮坪环境
含金建造岩性	浊积岩	粉砂质千枚岩, 条带状大理岩、泥质碳酸盐岩	粉砂质板岩夹薄层泥质灰岩
矿化主岩岩性	斑点状粉砂质千枚岩和变粉砂岩	斑点状粉砂质千枚岩夹条带状大理岩	含金钠长石碳酸盐岩角砾岩
矿化特征	微细浸染状	石英细-薄脉带	含金角砾岩
矿石的矿物组合	黄铁矿、毒砂为主, 微量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿	黄铁矿、磁黄铁矿为主, 少量铁白云石、黄铜矿、碲铋矿、自然银、闪锌矿	黄铁矿、钠长石、含铁白云石、方解石
金矿物特征	含银自然金为主, 银金矿, 少量自然金, 全矿物粒径小于 $10\mu\text{m}$ 为主	自然金, 以明金为主	自然金、碲金矿, 金矿物粒径为 $0.0044\sim 0.52\text{ mm}$, 其中 0.071 mm 以上的占 50%
特征矿物	毒砂、银锑黝铜矿、硫锑铅矿	自然银、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿	针镍矿、硫锑镍矿、钒铬云母
特征元素组合	Au-As- (Ag, Sb)	Au-Ag	Au (Ag), Ni, Cr, Pt, Pd
蚀变作用	绢云母化、硅化、毒砂化、黄铁矿化	黄铁绢英岩化、绿泥石化、黑云母化、电气石化	钠长石化、铁白云石化
代表性矿床	李坝、金山、马泉	八卦庙、三洋坝、安家岔	双王

压性或压扭性断裂变形带和其派生的构造变形带内。②八卦庙式金矿床内广泛发育压溶石英微脉。这类脉体的特点是: 单脉厚度不足 1 mm , 延长数厘米至十余厘米; 它们常密集成组、成带产于压扭性断裂变动带, 总体走向与压性或压扭性断裂走向一致; 脉体与围岩之间缺失明显边界, 脉内石英与围岩的石英呈过渡渐变关系; 脉内缺失显示充填作用的垂直脉壁生长的石英。③在八卦庙金矿床, 可以见到随断裂构造变形强度的增大, 金矿化石英脉呈现出由压溶石英微脉、石英细脉向石英薄脉演化的现象。双王式金矿床产于沿秦岭印支褶皱带与海西褶皱带之间展布的钠长质碳酸盐角砾岩带内。大致在二叠纪末到早侏罗世的漫长地质历史中, 该区出现了早期为近南北向挤压形成的走向 NW 的压扭性断裂角砾岩带, 后期的区域构造应力进入全面调整, 成为近东西向的相对挤压, 使早期形成的构造角砾岩带处于近南北向的水平拉张的扩容环境中, 导致地壳深部或地幔的流体上升, 形成含矿的构造角砾岩带。

(2) 3 类金矿床的矿化主岩岩性特征不同。李坝式金矿床的矿化主岩是粉砂质千枚岩、变(粉)砂岩或它们的互层。据柳森 (1994) 统计, 李坝矿床的金矿化, 78% 产于粉砂质千枚岩内, 20% 产于呈互层状产出的变(粉)砂岩和千枚岩内, 2% 产于变(粉)砂岩内。李坝金矿床矿化主岩的化学成分列入表 5。八卦庙式金矿床的矿化主岩是粉砂质千枚岩、铁白云质千枚岩及条带状大理岩, 其化学成分列入表 5。这些资料显示, 李坝式金矿床和八卦庙式金矿床, 其矿化主岩虽然都属千枚岩类和粉砂岩类, 但是, 它们的岩石化学特征不同。李坝金矿床的矿化主岩, 其 SiO_2 、 MgO 、 Na_2O 含量较高, Fe_2O_3 、 CaO 、 K_2O 含量较低, 反映两者的沉积

厚度小于 0.5 cm 的脉体为微脉, 厚度为 $0.5\sim 5\text{ cm}$ 的脉体为细脉, 厚度为 $5\sim 15\text{ cm}$ 的脉体称薄脉

环境或在成岩、成矿过程中改造作用不同。双王式金矿床的矿化主岩是含金构造角砾岩。角砾岩的角砾成分受其围岩成分的制约，主要为遭受不同程度钠长石化板岩或粉砂岩，其次为粉砂质绢云母千枚岩和浅变质粉砂岩，偶见大理岩和结晶灰岩；角砾形态多为棱角明显的、兼具一定拼合性的条板状、多角状及不规则状，也见次棱角、次圆形乃至卵状角砾。角砾岩的胶结物主要由热液活动形成的钠长石、含铁白云石、方解石组成，还有少量的石英、黄铁矿等。热液活动形成的胶结物常呈不规则状、网脉状和团块状充填于角砾之间或角砾内部的裂(空)隙内，并导致角砾产生不同程度的蚀变现象。

表5 李坝、八卦庙金矿区矿化主岩的岩石化学成分(%)

Table 5. Chemical composition of mineralized host rocks in Liba and Baguamiao gold ore districts

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失	S	C _{有机}	H ₂ O ⁺	Σ
1	60.55	0.57	18.67	1.59	4.64	0.10	4.44	0.33	1.41	3.74	0.15	4.44	0.20	< 0.05	3.62	100.63
2	68.04	0.63	13.33	1.67	4.50	0.15	3.58	0.65	1.27	2.30	0.19	3.86	0.25	< 0.05	3.06	100.17
3	72.43	0.59	12.10	0.71	3.23	0.18	3.27	1.19	1.50	2.40	0.19	3.18	0.22	< 0.05	2.05	100.97
4	71.41	0.53	12.76	0.57	4.24	0.10	3.62	0.50	1.07	2.10	0.16	3.47	< 0.05	< 0.05	2.84	99.53
5	58.02	0.56	14.00	3.75	2.19	0.25	2.81	5.62	0.87	3.37	0.15	3.50	0.82	0.82	2.75	99.91
6	45.74	0.44	10.45	3.47	0.89	0.16	1.49	17.51	1.23	2.31	0.13	16.66	< 0.02	1.51	1.81	99.58
7	49.62	0.69	20.59	2.02	4.59	0.10	2.89	4.27	0.65	5.14	0.14	8.75	0.47	1.08	3.04	99.45
8	61.61	0.62	15.02	3.93	2.19	0.14	2.14	3.66	1.05	3.63	0.16	5.88	< 0.02	0.68	2.54	99.94

注: 1~4 为李坝矿区: 1~2 为粉砂质千枚岩; 3~4 为浅变质粉砂岩; 5~8 为八卦庙矿区: 5 为浅变质粉砂岩; 6 为绢质千枚岩; 7 为绢云母千枚岩; 8 为条带状粉砂质千枚岩

(3) 3类金矿床的矿化特征不同。李坝式金矿床，其金矿化呈微细浸染状产于蚀变的浅变质浊积岩内。矿石的金属矿物以黄铁矿、毒砂为主，见及微量的黄铜矿、闪锌矿和方铅矿。金矿物以含银自然金为主，少量的银金矿和自然金，金矿物的粒径以小于10 μm 为主。该类矿床的特征矿物是毒砂、银锑黝铜矿和硫锑铅矿，矿床的成矿元素组合可归结为 Au-As-(Sb、Ag)，从矿化特征和成矿元素组合看，李坝式金矿床类似我国滇黔桂接壤区的微细浸染型(卡林型)金矿床。八卦庙式金矿床，其金矿化产于由石英微脉、细脉和薄脉组成的平行网脉及其近脉蚀变岩石内。矿石的矿物组成以黄铁矿、磁黄铁矿为主，少量铁白云石、黄铜矿、碲铋矿、闪锌矿和自然银，其成矿元素组合可归结为 Au-Ag。双王式金矿床的金矿化产于含金角砾岩内，交代钠长板岩和蚀变的绢云母千枚岩角砾被黄铁矿、钠长石、含铁白云石组成的热液形成物所胶结。矿石的矿物组成是黄铁矿、钠长石、含铁白云石和方解石。含金矿物为自然金、碲金矿，其粒径为0.0044~0.52 μm，其中粒径超过0.071 μm 的占50%。矿床的特征矿物是针镍矿、六方硫镍矿、紫硫镍矿、硫铋镍矿、铬云母、钒铬云母、钙钒榴石、氟碳钙铋矿等。因此，该矿床的成矿元素组合为 Au-(Ag)-Ni(Cr、V、Pt、Pd)。

(4) 表6列出了李坝、八卦庙、双王等金矿床成矿作用的物理化学参数。资料表明，李坝金矿床和八卦庙金矿床，其成矿作用的物理化学参数接近，双王金矿床成矿作用的有关参数与之有较大区别，主要表现在：双王金矿床的成矿作用，其温度较高，pH 值较大，硫逸度、氧逸度较高，氧同位素组成(δ¹⁸O 值)较大。但是，3个金矿床的黄铁矿，其 δ³⁴S 值接近，作者据此认为：①从矿床的成因考虑，李坝金矿床与八卦庙金矿床类似，双王金矿床与之有明显差别；②3个金矿床的硫源接近，主要来自泥盆系的沉积变质岩；③双王金矿床的成矿流体

不同于李坝、八卦庙金矿床的成矿流体, 结合 $\delta^{13}\text{C}$ 及稀土元素组成特征等参数, 推测有地壳深部或地幔源的流体参与双王金矿床的成矿作用。

(5) 表 6 资料表明, 双王金矿床的稀土元素组成特征不同于李坝、八卦庙金矿床的稀土元素组成特征。双王金矿床的 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值较低, δEu 值较高, 稀土元素总是较低, 且变化幅度较大。在稀土元素组成模式图上, 双王式金矿床的稀土元素组成与泥盆系岩层稀土元素组成差别明显, 而与玄武岩或大洋拉玄武岩的稀土元素组成类似。李坝、八卦庙金矿床的稀土元素组成则与泥盆系岩层的稀土元素组成类似。

表 6 李坝、八卦庙、双王金矿床成矿物理化学条件及稀土元素特征值

Table 6. Metallogenic physicochemical conditions and REE characteristic values of Liba, Baquamiao and Shuangwang gold deposits

参 数	李坝金矿床	八卦庙金矿床	双王金矿床
$t/^\circ\text{C}$	210~ 259	205~ 330	350±
pH 值	3.67~ 4.78	3.3~ 4.9	3.8~ 5.9
$\log f_{\text{S}_2}$	- 16~ - 32	- 16~ - 18	> - 11
$\log f_{\text{O}_2}$	- 37.95~ - 39.75	- 39.0~ - 40.2	- 23.8~ - 33.9
$\delta^{34}\text{S}_{\text{PY}}/\text{‰}$	0.6~ 10.6	7.4~ 15.4	2.6~ 14.81
$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	5.20~ 7.34	5.64	12.09
$\delta\text{D}/\text{‰}$	- 63~ - 92	- 79	- 81
$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	4.12~ 4.3	3.96~ 4.53	0.54~ 1.71
δEu	0.68~ 0.72	0.68~ 0.677	0.79~ 1.30
$\Sigma\text{TR}/10^{-6}$	160.03~ 171.73	189.82~ 208.03	54.48~ 166.99

(6) 3 类金矿床与铅锌矿床的空间关系不同。八卦庙式金矿床与邓家山式铅锌矿床之间存在着密切的空间联系, 许多金矿床或矿点产于铅锌矿床外侧, 其赋矿层位偏上, 两者往往受一断裂带控制⁵¹。李坝式金矿床和双王式金矿床与铅锌矿床之间, 其空间、成因联系有待进一步探讨。

4 结 论

(1) 礼县—太白地区的铅锌矿床可划分为厂坝式和邓家山式两类矿床, 两者产出的区域地质构造背景、含矿建造的岩性及岩性组合、沉积环境、矿石的成矿元素组合、标型矿物的化学成分及微量元素含量特征等均存在着差别。这些差别反映了两类矿床的成矿热动力条件和沉积改造程度不同。

(2) 礼县—太白地区的金矿床可划分为 3 种类型金矿床: 李坝式矿床和八卦庙式矿床属沉积改造型金矿床, 双王式金矿床的成矿物质、成矿流体包含有来自地壳深部或地幔的物质和流体。李坝式金矿床的成矿物质来自浅变质浊积岩型含金建造, 成矿的热动力由印支期花岗岩类岩浆活动提供。八卦庙式金矿床的成矿物质来自浅变质细碎屑岩泥质岩夹不纯碳酸盐岩含金建造, 成矿的热动力是海西-印支期的断裂构造变动引起的构造应力。

(3) 产于浅变质、强变形的中上泥盆统含矿建造内的邓家山式铅锌矿床和八卦庙式金矿床, 显示两者在成因上存在某种联系, 初步推测, 两者具有共同的成矿热动力条件——海西-印支期断裂构造变动产生构造应力。

参 考 文 献

- 1 王集磊, 何伯墀, 李健中等. 中国秦岭型铅锌矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1996, 264.
- 2 武安斌, 宋春辉, 孙省利. 甘肃省西成矿田中泥盆统沉积相古地理与控矿作用 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1992.
- 3 邵世才, 汪东波. 古生代-中生代秦岭金属成矿作用的构造控制作用 [J], 地球学报, 1999, 20 (增刊): 281~286.
- 4 杨志华, 张传林, 李勇等. 论西成铅锌矿床的后生成因 [J]. 地质学报, 1997, 71 (4): 360~366.
- 5 邵世才, 汪东波, 徐勇. 沉积 (火山) 岩中铅锌矿化与金矿化的关系——兼论我国铅锌矿化集中区的金矿勘查 [J], 地质论评, 1999, 45 (增刊): 160~166.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GOLD AND LEAD-ZINC DEPOSITS IN LIXIAN- TAIBAI AREA, WEST QINLING MOUNTAINS

Tan Yunjin¹, Shao Shica², Tian Minmin³

(1 Guilin Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004;

2 Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012;

3 No. 717 Party, Northwest Bureau of Nonferrous Metallic Exploration, Baoji 721000)

Key words: Lixian-Taibai area, gold and lead-zinc deposits, geology-geochemistry

Abstract

Gold and lead-zinc deposits in Lixian-Taibai area occur in Devonian sedimentary basin. They are all reformed sedimentary type of deposits. Their ore-bearing formations are Middle-Upper Devonian strata. On the basis of geological and geochemical features of ore deposits, the lead-zinc deposits in this area can be divided into Changba type and Dengjiashan-Bafangshan type, while gold deposits can be divided into Liba, Baguamiao and Shuangwang types. The Shanghai type lead-zinc deposits are located in areas of strong metamorphism and weak deformation, thus belonging to the metamorphism-related sedimentary-reformed type deposits. The Dengjiashan-Bafangshan type lead-zinc deposits are located in areas of strong deformation and weak metamorphism, belonging hence to structural dynamics-related reformed type. The Liba type gold deposits are micro-disseminated type gold deposits located in turbidite; the Baguamiao type gold deposits are quartz fine vein type deposits occurring in weakly metamorphic fine-clastic rock, while the Shuangwang type gold deposits are micro-disseminated type gold deposits occurring in the albite carbonate breccia, with the fluids and materials from the upper mantle or lower crust taking part in the mineralization.

There exists close temporal and spatial relationship between the Baguamiao type gold deposits and the Dengjiashan type lead-zinc deposits.