

厂坝—李家沟铅锌矿床地质特征

杨松年 缪远兴

(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所)

厂坝—李家沟铅锌矿床位于西成铅锌矿田的东部(图1),它是矿田中规模最大、品位最富的矿床。该矿田位于礼县—柞水华力西冒地槽褶皱带^[1],处于主动型大陆边缘弧后盆地环境^[2]。整个区域处于高地热流区,火成活动比较强烈,因而较有利于矿质的充分分异与富集以及深部卤水的活动。在火山活动带的边缘形成了厂坝—李家沟等非岩浆层控型铅锌矿床。

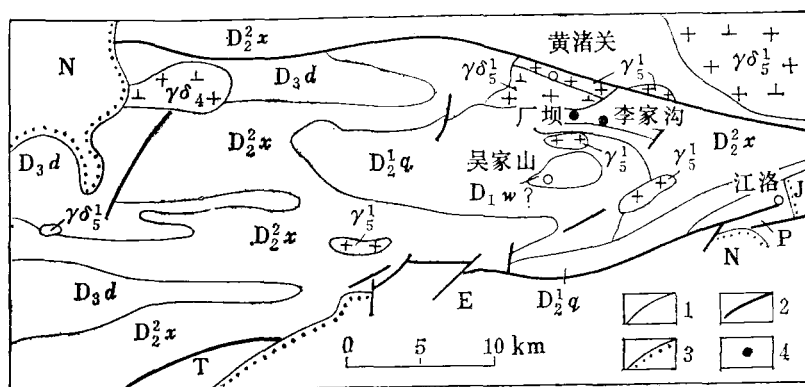


图1 西成地区地质图

(据甘肃省有色金属地质勘探公司101队资料改编)

N—新第三系; E—老第三系; J—侏罗系; T—三叠系; P—二叠系; D_3d —上泥盆统洞山组; D_2x —中泥盆统西汉水组; D_1q —中泥盆统清水沟组; D_1w —下泥盆统吴家山组(?); $\gamma\delta_4$ —海西期花岗闪长岩; $\gamma\delta_5$ —印支燕山期花岗岩; $\gamma\delta_5^1$ —印支燕山期花岗闪长岩; 1—地层界线; 2—断裂; 3—不整合; 4—矿床位置

Fig. 1. Geological map of Xicheng area.

N—Neogene; E—Eocene; J—Jurassic; T—Triassic; P—Permian; D_3d —Upper Devonian Dongshan Formation; D_2x —Middle Devonian Xihanshui Formation; D_1q —Middle Devonian Qingshuigou Formation; D_1w —Lower Devonian Wujiashan Formation (?); $\gamma\delta_4$ —Hercynian granodiorite; $\gamma\delta_5$ —Indosinian-Yanshanian granites; $\gamma\delta_5^1$ —Indosinian-Yanshanian granodiorite; 1. Geological boundary; 2. Fracture; 3. Unconformity; 4. Location of ore deposit.

一、矿床形成的地质背景

(一) 岩相古地理特征

本区自加里东运动后至二叠纪末,一直处于海槽沉积环境。中泥盆世海槽形如漏斗,走向东西,属“象州型”生物环境地理分区^①,处于近岸、浅水、富氧、水动力条件较强的沉

① 杨松年1981年“中国南部泥盆纪生物-沉积环境与金属矿产的区域分布”。

积环境；其生物群以珊瑚、腕足类和苔藓虫、层孔虫等底栖类为主；沉积物为碎屑岩与碳酸盐岩交替出现的类复理石建造。海槽自西向东由一系列海盆组成，这些海盆往往控制了矿田的分布，西成铅锌矿田就是受其中之西礼海盆的控制。而厂坝—李家沟矿床又受该海盆中的画眉山—厂坝盆地亚相控制。

画眉山—厂坝盆地亚相，实际上可能是由若干个相间排列的水下降起和半局限盆地组成。其岩石组合也主要是页岩（为主）—碳酸盐岩组合，在半局限盆地内分布有厂坝—李家沟等矿床。

（二）含矿层位特征

厂坝—李家沟铅锌矿床赋存于中泥盆统清水沟组（D₂q）上段（相当于原区测队的中泥盆统西汉水群第六岩性段第二层），本层亦为区内最佳铅锌含矿层（表1）。含矿层岩性为一套经过中浅变质的浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造。地层由下至上可分为八大层（图2）：

I. 微晶灰岩及大理岩：下部为灰白色大理岩夹透镜状白云岩；上部为深灰色中厚层状

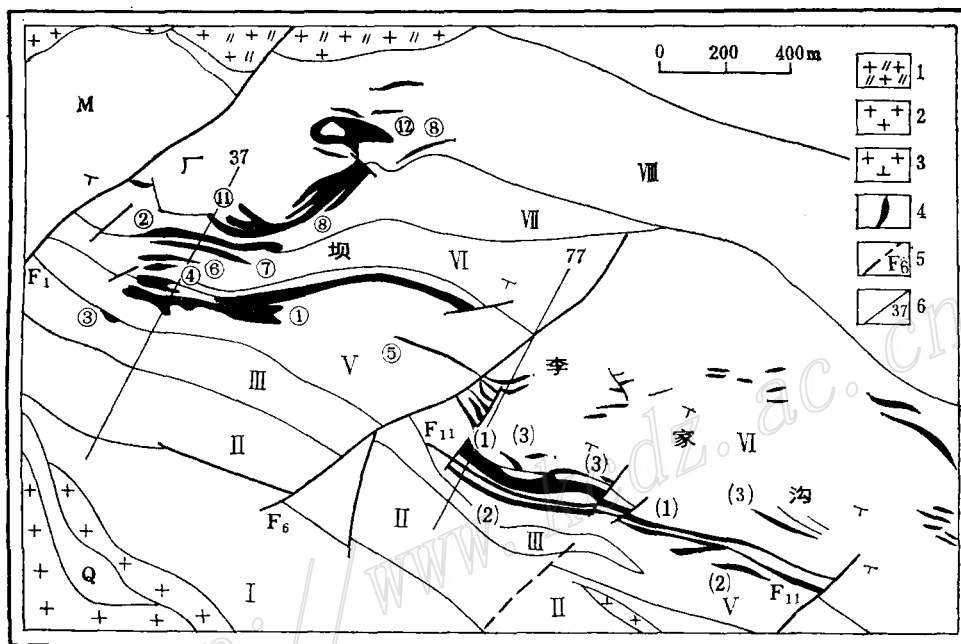


图2 厂坝—李家沟铅锌矿床地质图

（据甘肃省有色金属地质勘探公司资料改编）

Q—第四系残、坡积物；I—VIII—中泥盆统清水沟组上段微晶灰岩及大理岩层（I）、石英黑云母片岩层（II）、白云岩层（III）、大理岩及结晶灰岩层（V）、黑云母石英片岩层（VI）、黑云母片岩层（VII）、石英片岩层（VIII），其中IV出露太少，图上未标出；1—辉石闪长岩；2—二云母花岗岩；3—花岗闪长岩；4—铅锌矿体及编号；5—断层；6—勘探线及编号

Fig. 2. Geological map of the Changba-Lijagou lead-zinc deposit.

Q—Quaternary residual-slope materials; I—VIII—Upper member of Middle Devonian Qingshuigou Formation; I. Microcrystalline limestone and marble; II. Quartz-biotite schist; III. Marble; V. Marble and crystalline limestone; VI. Biotite quartz schist; VII. Biotite schist; VIII. Quartz schist (IV is rarely exposed); 1. Augite diorite; 2. Two-mica granite; 3. Granodiorite; 4. Lead-zinc orebody and its serial number; 5. Fault; 6. Exploration line and its serial number.

表 1 西成矿田泥盆纪地层划分简表

Table 1. Division of Devonian strata in the Xicheng mining district

系	统	组	段	厚度 (m)	岩 性	生 物 组 合	含 矿 性	备 注
泥 盆 系 (D)	上 泥 盆 统 (D ₃)	洞 山 组 (D _{3d})	未 分	600 — 700	上部: 砂质钙质板岩或砂页岩; 中部: 薄—中厚层灰岩; 下部: 砂岩及砂质千枚岩	<i>Yunnanella</i> sp. <i>Hypothyridina</i> sp. <i>Sinodisphyllum Simp-</i> <i>lex</i> Sun. <i>Cyropsirifer anoso-</i> <i>toid</i>	铅锌矿化	原中泥盆统西汉水群第 七岩性段
					上部: 钙质砂质千枚岩夹生物灰岩; 中部: 结晶灰岩夹砂岩和砂质千枚岩、薄层 生物灰岩与砂岩、千枚岩互层; 下部: 砂岩, 偶夹少量生物灰岩透镜体	<i>Stringocephalus</i> sp. <i>Atrypa</i> sp. <i>Indospirifer</i> sp.	邓家山铅锌含矿层	原中泥盆统西汉水群第 六岩性段第三层
	中 泥 盆 统 (D ₂)	西 汉 水 组 (D _{2x})	上 段 (D _{2x} ³)	>2085	上部: 生物灰岩、粉砂质绢云母千枚岩夹生 物灰岩及碳质千枚岩; 下部: 粉砂质钙质绢云母千枚岩夹生物灰岩 扁豆体	<i>Favosites</i> sp. <i>Parastrimptopora</i> sp. <i>Coenites</i> sp. <i>Squamneocofavosites</i> sp.		
			下 段 (D _{2x} ¹)	>500	白色厚层大理岩夹白云岩, 向东相变为石 英片岩夹大理岩	生物化石因变质较深而 遭破坏, 无从辨认其种属	厂坝—李家沟 铅锌含矿层	原中泥盆统西汉水群第 六岩性段第二层
		清 水 沟 组 (D _{2q})	上 段 (D _{2q} ²)	>300	碳质云母片岩、碳质硅质岩、碳质灰岩互 层	同 上		原中泥盆统西汉水群第 六岩性段第一层
			下 段 (D _{2q} ¹)	500	上部: 碳质片岩、条带状碳质大理岩、云母 石英片岩; 下部: 紫灰色黑云母片岩、二云母石英片岩 夹变质砾岩和黑云母方解石片岩	同 上	铜镍和放射性 元素矿化	原中泥盆统西汉水群第 五岩性段
	下 泥 盆 统 (D ₁)	晏 家 山 组 (D _{1w})	未 分	<1130				

(据甘肃省有色地质勘探公司资料改编)

微晶灰岩。厚250m左右。

Ⅱ. 石英黑云母片岩层: 灰褐色中细粒鳞片变晶结构石英黑云母片岩夹灰岩透镜体。向东厚度增大。平均厚200m左右。

Ⅲ. 白云岩层: 白色细粒中厚层状白云岩, 向东逐渐尖灭。本层见有厂坝③号矿体, 李家沟也发现厚大的盲矿体。厚100m。

Ⅳ. 条带状大理岩与方解石石英片岩互层: 条带状大理岩为灰黑色, 细粒结构, 薄层状构造。方解石石英片岩为灰色、灰绿色, 细粒状结构, 条带状构造, 岩性变化大。厚40—60m (因本层厚度小, 岩性变化又大, 故在图2中未表示)。

Ⅴ. 大理岩及结晶灰岩层: 灰—灰黑色, 中细粒结构, 由中厚层状大理岩、结晶灰岩夹黑云母石英片岩构成, 向东变薄且不稳定。本层为重要含矿层之一, 层内有厂坝①、⑤、⑦号矿体和李家沟(1)、(2)号矿体。厚200m。

Ⅵ. 黑云母石英片岩层: 灰紫色; 鳞片变晶结构, 层状构造。本层为另一重要含矿层, 层内有厂坝②、⑥、⑦、⑧号矿体及李家沟(3)号矿体。厚100—200m。

Ⅶ. 黑云母片岩层: 灰绿色黑云母片岩夹二云母片岩薄层及方解石石英片岩条带。沿走向相变大, 至李家沟已全部尖灭。厚200—240m。

Ⅷ. 石英片岩层: 分布在矿区北部。由灰绿色石英片岩夹大理岩透镜体构成, 向东相变为块状石英岩夹二云母石英片岩。层内赋存有厂坝⑨—⑭号小矿体。厚200—240m。

(三) 构造及岩浆岩特征

厂坝—李家沟矿床位于吴家山短轴背斜的北东翼。矿区为一倒转单斜层, 走向一般为北西60—80°, 倾向南西, 平均倾角为50—80°。矿区断裂构造较发育, 黄诸关大断裂从矿区北通过(图1)。矿区内 F_1 断裂带(图2)为北东走向, 向北西陡倾。该断裂带西侧相对隆起, 分布有厚大单一的碳酸盐岩; 东侧相对凹陷, 沉积了一套碳酸盐岩、粘土岩、碎屑岩, 并控制着区内铅锌矿床的分布。 F_6 断裂具有与 F_1 断裂相同的性质, 唯其规模较小。 F_{11} 为层间断裂, 对矿体的分布具一定的控制作用。

区内岩浆岩分布较广泛。黄诸关杂岩体(钾-氩法年龄值为1.84—2.22亿年)出露于矿区北部, 呈岩株状, 岩性主要为黑云母花岗岩和花岗闪长岩, 次为闪长岩、辉长岩, 与成矿无直接关系。厂坝二云母花岗岩(钾-氩法年龄为1.96—2.01亿年)呈岩株状出露于矿区南侧, 也与成矿无直接关系。此外区内尚发育花岗闪长岩脉、花岗岩脉、细晶岩脉和云煌岩脉等。

二、矿体地质特征

厂坝矿床有铅锌矿体51个, 其中盲矿体38个, 以①、②号矿体规模最大, 占本矿床储量的93%。李家沟矿床共有矿体95个, 部分为盲矿体, 以(1)号矿体规模最大, 占本矿床储量的74.3%。主要矿体共有6个, 一般长300—1000m, 厚1—70m, 延深250—500m, Pb+Zn品位达4—15%。矿体分别产于大理岩、结晶灰岩和黑云母石英片岩中。赋存于黑云母石英片岩中的矿体形态规则, 呈似层状产出, 和围岩界线清楚, 如厂坝②、⑧号、李家沟(3)号矿体等属此类。赋存于碳酸盐岩中的矿体形态较为复杂, 多为似层状、透镜状、脉状及囊

状,沿走向、倾向分枝复合现象明显,厂坝①号、李家沟(1)、(2)号矿体属此类。两类矿体皆和围岩整合产出,从不切穿围岩层理(图3)。

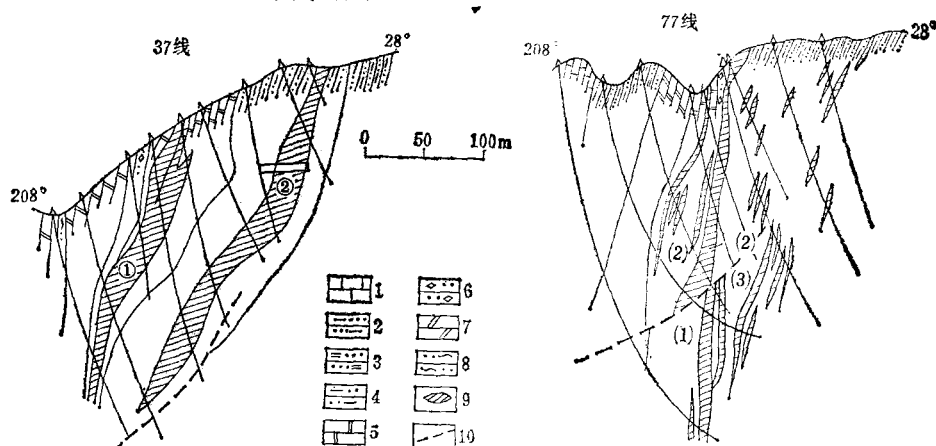


图3 厂坝37线、李家沟77线地质剖面图

(据甘肃省有色金属地质勘探公司106队资料)

1—微晶灰岩; 2—石英片岩; 3—黑云母片岩; 4—黑云母石英片岩; 5—大理岩; 6—方解石石英片岩; 7—白云石大理岩; 8—绿泥石石英片岩; 9—铅锌矿体; 10—推测断层

Fig. 3. Geological section of exploration line No. 37 at Changba (left) and of exploration line No. 77 at Lijiagou (right).

1. Microcrystalline limestone; 2. Quartz schist; 3. Biotite schist; 4. Biotite quartz schist; 5. Marble; 6. Calcite quartz schist; 7. Dolomite marble; 8. Chlorite-quartz schist; 9. Lead-zinc orebody and its serial number; 10. Inferred fault.

矿石矿物成分简单。产于片岩中的矿石,主要为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿;产于碳酸盐岩中的矿石,主要为方铅矿、闪锌矿,黄铁矿含量显著减少。其次尚有少量磁黄铁矿、黄铜矿、硫锑铅矿、毒砂、砷黝铜矿等。脉石矿物主要为石英、方解石,其次有重晶石、白云母、透闪石、绿泥石、斜长石、黑云母、绿帘石、萤石等。次生矿物有褐铁矿、黄钾铁矾、菱锌矿、异极矿、白铅矿等。闪锌矿有三种,主要出现在条带状矿石和块状矿石中。一种呈红棕色、褐黄色半透明状,粒径为0.1—0.05mm,微晶者为0.005mm,沿围岩层理、片理成弯曲带状排列;另一种为灰黑色不透明胶状闪锌矿条带;第三种为深褐色闪锌矿,沿黄铁矿之颗粒间隙及裂隙进行充填交代。方铅矿呈半自形至他形晶粒状,一般粒径为0.01—0.05mm,个别达0.5mm;与闪锌矿、黄铁矿成共结结构,亦成角砾状,晚期成脉状穿插闪锌矿。黄铁矿呈粒状和眼球状,一般粒径为1—0.2mm,被闪锌矿充填交代。上述三种矿物的生成顺序为黄铁矿—闪锌矿—方铅矿。石英大致可分三期:早期石英呈细粒次圆形,表面光洁,常呈单颗粒或集成团斑状分布,在形变拉长方解石之间的石英则成似眼球状,与矿化关系不密切;中期石英为他形不等粒状或呈不规则状,表面混浊,分布在闪锌矿、黄铁矿颗粒间,与矿化关系密切;晚期石英呈灰白色他形粒状,呈团块或短脉状叠加在早、中期石英中,与后期矿化有一定关系。

综上所述,矿石具有粒状、胶状、共结状和交代溶蚀、压碎等结构,和条带-条纹状、块状、浸染状、脉状、塑性形变等构造。围岩原岩为碎屑岩中的矿石呈条带-条纹状构造,闪锌矿呈几毫米至数厘米宽的规则条带产于块状黄铁矿中;经后期变质作用常含方铅矿、闪锌矿

的石英-方解石小团斑, 矿石结晶变粗, 呈中、细粒结构、共结结构、变斑结构, 交代结构少见, 反映了沉积成因特征。在围岩原岩为碳酸盐岩中的矿石见有三期矿化: 早期纹层状矿化具明显的沉积特点, 胶状闪锌矿呈数厘米的薄层与大理岩成条带状互层, 并与大理岩一起褶皱, 闪锌矿、黄铁矿呈细粒浸染于大理岩的纹层中。中期矿化以块状构造为主, 在早期矿化的基础上受到热液叠加(可能包括构造活动带来的热液、变质热液和岩浆热液), 使矿石变富, 颗粒变粗, 组成块状矿石。晚期则为网脉及细脉状方铅矿、闪锌矿和黄铁矿, 并常有重晶石、石英伴生。在纹层状和块状矿石中多为共结结构, 自形、半自形结构和交代结构, 当细网脉发育时, 则以交代结构为主。

矿石中伴生有益组分有Ga、Ge、Cd、In、Tl、Ag。有害组分有As、Sb。

围岩蚀变较微弱, 有碳酸盐化、硅化、绢云母化、绿泥石化等。

三、矿床地球化学特征

本矿床硫同位素以富集 ^{34}S 为特征(图4), $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于7.1—27.81‰, 集中分布在15—25‰之间, 与中泥盆世海水硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值近似, 表明硫主要来源于海水硫酸盐, 可能尚有少量地下卤水中的硫的加入。 ^{34}S 富集顺序为黄铁矿>闪锌矿>方铅矿, 围岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值比矿石低。

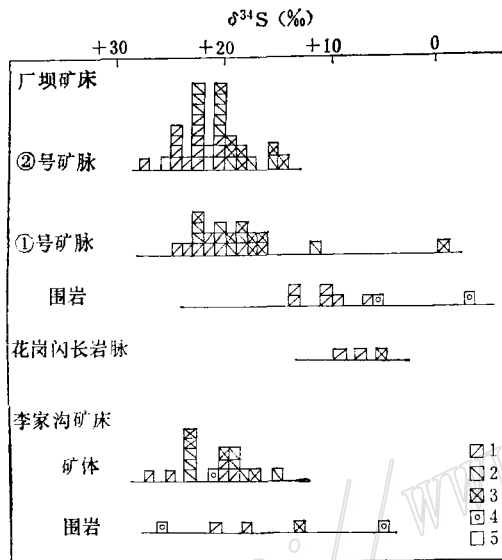


图4 厂坝—李家沟矿床硫同位素组成
(据有色金属工业总公司地质研究所、中国科学院地球化学研究所)

1—黄铁矿; 2—闪锌矿; 3—方铅矿; 4—磁黄铁矿; 5—重晶石

Fig. 4. Histogram showing sulfur isotopic composition of the Changba-Lijagou lead-zinc deposit.

1. Pyrite; 2. Sphalerite; 3. Galena; 4. Pyrrhotite; 5. Barite.

矿石中方铅矿铅同位素组成见表2。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为17.884—18.459, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为15.420—15.874, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为38.007—38.733。比值之差均小于1, 变化范围窄, 表现为正常铅的特征。 Φ 值模式年龄为293—508 Ma。

矿石中方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值为16.75—22.23‰, 平均为19.18‰; 大理岩中方解石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为11.56—24.15‰, 平均为19.13‰。它们略低于泥盆纪海相碳酸盐岩值, 可能是由于原始卤水受到海水和后期岩浆水的混合所致。矿石中方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-4—+2.9‰, 平均为1.34‰; 大理岩中方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-1.84—+4.51‰, 平均为0.904‰。均接近于海相碳酸盐岩值。

石英包裹体中的 δD 值为-78.3‰, 与索尔顿(Salton)地热水相近。

矿物包裹体成分及特征: 据我们测定, 李家沟矿区样品绝大部分包裹体均 $<2\mu\text{m}$, 少数可达5—10 μm 。不同矿石类型其包裹体数量有差异, 块状矿石高于条带状矿石。包裹体可分

数可达5—10 μm 。不同矿石类型其包裹体数量有差异, 块状矿石高于条带状矿石。包裹体可分

表 2 厂坝—李家沟矿床方铅矿铅同位素比值及模式年龄表

Table 2. Lead isotopic ratios and model ages of galena from the Changba-Lijiagou deposit

矿床名称 及矿体号	样品编号	比 值			模式年龄 (Ma)			
		$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	Doe		R.F.C	
					ϕ 值	t	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$
厂坝-②	K006	38.007	15.572	17.884	0.61537	508	520	530
厂坝-②	K035	38.123	15.420	17.928	0.59459	293	496	474
厂坝-②	K048	38.314	15.628	18.051	0.60981	452	427	382
厂坝-②	K116	38.336	15.599	18.066	0.60566	410	420	372
厂坝-①	K059	38.036	15.507	17.928	0.60469	400	492	514
厂坝-①	K089	38.014	15.493	17.957	0.60104	362	476	532
厂坝-①	K111	38.299	15.679	18.015	0.60961	450	448	389
李家沟-(1)	K184	38.153	15.686	18.153	0.60954	449	371	371
李家沟-(2)	K198	38.733	15.874	18.459	0.60970	451	197	197

由中国科学院地球化学研究所和有色金属工业总公司地质研究所测定

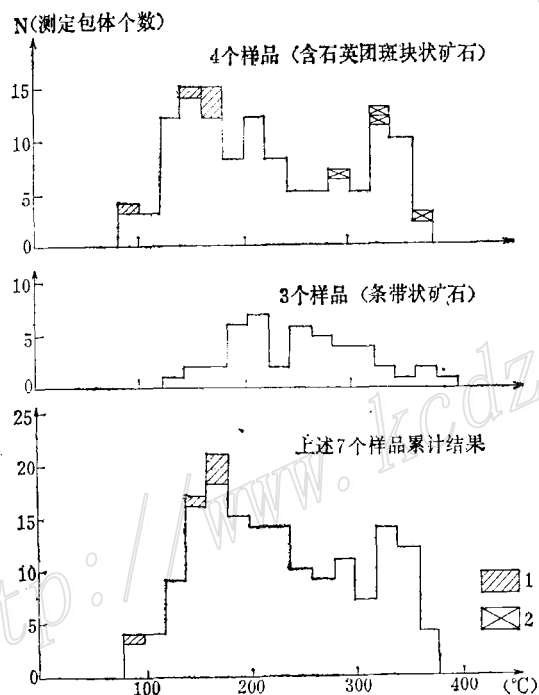


图 5 李家沟矿床石英中包裹体均一温度直方图

1—沿裂隙分布的次生包裹体；2—气体包裹体（均一成气相）

Fig. 5. Histogram illustrating homogenization temperatures of inclusions in quartz from the Lijiagou lead-zinc deposit.

1. Secondary inclusions distributed along the cracks; 2. Gaseous inclusions (turned into gaseous phase through homogenization).

成五型六类^①。石英中以 I-1 型为主; I-2 型与 II 型局部集中 (但总量 < 5—10%) ; III 型仅在石英团斑中出现; IV 型少见; V 型常见, 在条带状矿石中相对集中。闪锌矿中包裹体以 V 型为主, 少数为 I-1 型, 沿解理的次生包裹体不发育。方解石中包裹体以 V 型为主, 少数 I-1 型。石英中均一温度大致分两组: 285—374℃, 90—295℃ (图 5)。推断李家沟矿区成矿温度分为中高温及中低温两组, 铅锌矿成矿温度以中偏低温为主。厂坝矿体石英中包裹体均一温度为 128—318℃^②。李家沟石英中包裹体的气相成分 CH₄ 较高, 平均值为 1.36%, 其中条带状矿石含量最高, 达 3.6%; H₂O/CO₂ 平均值为 13.61, 说明 CO₂ 含量较高, 可能与本区变质作用有关; 还原参数 $R \left[R = \frac{H_2 + CH_4 + CO}{CO_2} \right]$ (摩尔之比) 偏高, 平均值为 0.11, 说明

该区成矿条件相对还原。石英中包裹体液相成分的 F⁻/Cl⁻ 比值 < 0.01、Na⁺/Cl⁻ 比值为 0.24—0.29, Na⁺/K⁺ 比值为 3.11—5.38, Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) 比值为 2.94—5.58, Cl⁻ > SO₄²⁻ > F⁻, 为 Na⁺-Cl⁻-SO₄²⁻ 型卤水。推断这种成分不是原始成矿溶液的成分, 原始成矿溶液应是高纯氯化物型卤水, 当其与海水相遇时, 才有 SO₄²⁻ 加入。现在测得的包体水是海水和卤水混合的产物, 这与铅、氢、氧同位素所显示的结果是吻合的。包裹体盐度, 厂坝矿区冷冻法盐度为 19.8 质量%^[3]。

单矿物黄铁矿中 Co/Ni 比值为 0.15—0.56, S/Se 比值 > 1.4 万, 反映为同生沉积成因的特征。单矿物闪锌矿中 Cd>In、Ga/In 比值为 5—10。

四、矿床成因

关于厂坝—李家沟矿床的成因, 自六十年代开始工作以来, 曾先后提出岩浆热液、沉积变质、热卤水成矿、沉积变质岩浆热液叠加、火山热卤水喷气沉积-变质等成因观点。我们经多年工作, 认为本矿床属热卤水沉积-改造型层控矿床。综合上述矿床地质特征和地球化学特征, 矿床的金属物质主要来自于基底地层 (粉砂-泥质型基底^③) 和中泥盆统及下伏其它地层中的碎屑岩-碳酸盐岩建造。硫主要来源于海水硫酸盐, 可能尚有少量地下卤水中的硫加入。金属运移的介质可能仍为中低温、盐度较高的高纯氯化物卤水, 当这种卤水在构造活动带 (如东西向黄诸关大断裂旁侧的次级 F₁、F₆ 等北东向多期活动的生长断裂) 在地热流作用下被加热、驱动时, 能在渗流过程中溶解、摄取围岩中的重金属形成稳定的络合物, 并且沿上述断裂上升或喷出到海底洼地 (三级盆地) 与海水混合^[4], 在混合过程中由于温度下降, 溶液稀释, pH 值趋向中性, 还原硫浓度增加, 促使铅锌等重金属从富氯化物卤水中沉淀出来。在沉积作用之后, 在沉积物和沉积矿石中发生物质的一系列转变, 此时压实作用和有机质的分解作用造成 H₂S、CO₂、NH₃、CH₄、H₂、N₂, 形成还原环境, 使金属元素化合物变成可溶形式。它们在沉积物中迁移, 造成金属进一步富集。后期区域变质作用和构造岩浆活动, 在较高的温度和压力下, 使岩 (矿) 石发生重结晶、压碎、塑性形变作用和有限的

① I 型—液体包裹体; I-1 型—中低温液体包裹体; I-2 型—中高温液体包裹体; II 型—气体包裹体; III 型—含液态 CO₂ 包裹体; IV 型—含子矿物包裹体; V 型—单相液体包裹体。

② 中国科学院地球化学研究所测定。

③ 姜齐节等 (1982) “我国大陆中东部基底地层成分分区与金属成矿分区”。

迁移和富集。

矿床成矿模式可概括为：含金属的混合卤水沿古断裂带上升或喷出到海底洼地，并与海水混合，由于物理化学条件的改变，促使铅锌和其它有关硫化物沉淀。沉积作用后，由于压实作用和有机质的分解，使金属化合物发生溶解、迁移和堆积。后期区域变质作用和构造岩浆活动引起岩（矿）石的重结晶、压碎、塑性变形和有限的迁移、富集。

本工作得到甘肃省有色金属地质勘探公司、106有色金属地质勘探队的大力支持和帮助，在此一并致谢。

主要参考文献

- 〔1〕 黄汲清指导，任纪舜等 1979 中国大地构造及其演化 科学出版社
- 〔2〕 李春昱等 1978 秦岭及祁连山构造发展史 国际交流地质学术论文集(1) 地质出版社
- 〔3〕 涂光炽等 1984 中国层控矿床地球化学 第1卷 科学出版社
- 〔4〕 Badham, J. P. N., 1981, *Economic Geology and Geotectonic*.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CHANGBA-LIJIAGOU LEAD-ZINC DEPOSITS IN GANSU PROVINCE

Yang Songnian and Miao Yuanxing

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, CNNG)

Abstract

The Changba-Lijiagou lead-zinc deposit, one of the major lead-zinc deposits in China, lies in the east of the Xicheng lead-zinc ore field and is the largest and richest deposit in it.

Located in Lixian-Zashui Variscan miogeosynclinal fold belt, the deposit is in a paleogeographical environment of semi-closed marine basin. The host rocks are upper member of the Middle Devonian Qingshuigou Formation, which corresponds to the 2nd layer of the 6th lithological member of Middle Devonian Xihanshui Group defined by the former Regional Survey Party and is composed of a suite of neritic clastic-carbonate formation that underwent medium-grade metamorphism. The ore district is situated on the northeast wing (Fig. 1, an inverted monoclinic stratum) of the Wujiashan anticline, characterized by lots of NE-and NWW-trending fractures and intensely-developed magmatic activities. There exist mainly six orebodies which occur respectively in marble, crystalline limestone and biotite quartz schist and are conformable with the host rocks in stratoid forms (Figs. 2 and 3). Ore minerals are rather simple with galena, spha-

lerite and pyrite as the main constituents; gangue minerals are chiefly quartz, calcite and barite. Ore possesses 8—12% Pb+Zn and has striped-laminated, massive and aphanitic colloid banded structures. The associated useful components are Ga, Ge, Cd, In, Tl and Ag and harmful components are As and Sb. Wall rock alterations are weak.

Geochemically, sulfur isotopes are characterized by an enrichment in heavy sulfur with $\delta^{34}\text{S}$ values being 7.1—27.81‰ (Fig. 4); lead in the ore is normal lead and U-Pb ages fall within 293—508Ma; $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values of calcite from ore and marble are close to those of Devonian marine facies carbonate rocks; Inclusions in minerals, mostly of gaseous phases, are less in quantity and small in size and belong to $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ type brine, with the homogenization temperature being 90—318℃ (Fig. 5).

Concerning the genesis of this deposit, there have been proposed various hypotheses, such as magmatic-hydrothermal mineralization, sedimentary-metamorphism, hot-brine ore formation, sedimentary-metamorphism with magmatic-hydrothermal superimposition and volcanic-hot brine exhalative sedimentary-metamorphism. The authors consider that it should belong to hot brine sedimentary-reformation type stratabound deposit.

矿床地球化学研究方法讨论会在京举行

受地质矿产部科技司、地矿司、教育司和有色金属工业总公司的委托,地矿部矿床地质研究所于1985年12月1—15日在北京举办了矿床地球化学研究方法讨论会。来自全国地质部门、大专院校和科研系统近三十个单位的代表出席了会议。

讨论会主要介绍了国内外地球化学领域的最新成就、最新研究方法和发展趋势,并结合找矿实际提出新的研究课题及研究途径。会议有以下内容:①张荣华介绍了美国加利福尼亚大学伯克利和普林斯顿大学的研究成果及当代地球化学研究状况。着重介绍了使用计算机模拟矿床和地球化学中的化学平衡与物质迁移、流体状态下矿物在溶液中的溶解与沉淀等;②特邀冯钟燕、张安棣、袁忠信、曾贻善、江培模、王书凤、周兴汉、马秀娟、吴思本、朱小荣等人从地球化学的各个侧面介绍了其研究成果并进行了学术交流;③张荣华介绍了从美国加州大学伯克利带回并经改编的“SUPCRT”等计算程序。经地矿部计算机中心上机验证,该程序可以解决由低温、低压至900℃或更高温度、 $5 \times 10^8 \text{pa}$ 条件下,矿物与液相平衡的物理化学条件的模拟问题;④结合Sn、pb、Zn和Au矿床实例进行了电算模拟并取得初步成果。

与会代表一致认为,会议形式新颖,内容丰富,安排紧凑,很有收益。

(张荣华)