

西秦岭厂坝-李家沟铅锌矿矿床地质特征和成因分析*

古志宏^{1, 2}, 赵俊兴², 周永章², 杨志军², 李红中², 吕文超²

(1 广东省地质调查院, 广东 广州 510080; 2 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275)

摘要 厂坝-李家沟矿床规模巨大, 是秦岭地区西成铅锌成矿带的重要矿床之一。矿体形态和规模明显受沉积洼地控制。矿石常显微莓球状、针状、他形隐晶质、显微球粒结构。可识别的矿石沉积-成矿作用构造有浸染-条带状、条纹-条带状、隐晶质条带、条块状、块状构造等。矿体中下部主要为块状矿石, 富黄铁矿、闪锌矿、钠长石和石英; 上部为条带状、浸染状和层纹状矿石, 富闪锌矿、重晶石和方解石。条带状的石英钠长石岩和重晶石所含的典型喷气元素 B 和 As 的含量比正常沉积岩高出几倍到几十倍。闪锌矿中 Zn/Cd 比值 $>>500$, 黄铁矿中 Co/Ni 比值为 0.2~0.8。该矿主要形成于受裂谷控制的克拉通内部及其边缘的沉降盆地。研究结果表明, 厂坝矿具有较典型的 Sedex 型矿床特征。

关键词 地质学; 铅锌矿床; 矿床成因; 热水沉积; Sedex 型矿床; 厂坝-李家沟矿床; 秦岭

Geological characteristics and origin of Changba-Lijiagou lead-zinc deposit from western Qinling Mountains, China

GU ZhiHong^{1,2}, ZHAO JunXing², ZHOU YongZhang², YANG ZhiJun², Li HongZhong^{1,2} and Lü WenChao²

(1 Guangdong Geology Survey, Guangzhou 510080, Guangdong, China; 2 Department of the Earth Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China)

Abstract

The Changba-Lijiagou lead-zinc deposit is, due to its great reserve, one of the most important deposits in the Xi Cheng lead-zinc metallogenic belt, Qinling Mountains. The occurrence and size of its orebodies are obviously controlled by sedimentary depression. The ores have micro-framboidal, needle-shaped, aphanitic-anhedral and micro-spherulitic textures. The recognizable sedimentary and metallogenic structures of ores are disseminated-banded, striped-banded, anhedral-banded, stripped-massive and massive. The lower parts of orebodies are mainly composed of massive ores which are rich in pyrite, sphalerite, albitite and quartz. However, the upper parts of the orebodies mainly consist of ores with banded, disseminated and laminated structures, rich in sphalerite, barite and calcite. The contents of boron (B) and arsenic (As), which are considered typical exhalative elements, of banded quartz albitite and barite are much higher than normal sedimentary rocks. The ratio of Co/Ni in pyrite is between 0.2 to 0.8, with the ratio of Zn/Cd in sphalerite more than 500. Further more, the deposit mainly formed in the subsidence basin in a craton controlled by rift valleys. It is suggested that the Changba

* 本文得到国家科技部 973 项目“华北大陆边缘造山过程与成矿”课题(编号: 2006CB4035008)资助
第一作者简介 古志宏, 女, 1982 年生, 硕士研究生, 从事矿产地质勘查工作。

lead-zinc deposit is quite typical of Sedex type.

Key words: geology, lead-zinc deposit, metallogenic origin, hydrothermal sediment, Sedex deposits, Changba-Lijiagou, Qinling Mountains

厂坝-李家沟矿床位于秦岭地区西成铅锌成矿带的东部,是我国为数不多的超大型铅锌矿床之一。矿床规模巨大,在约 2.4 km²的范围内,已探明铅锌储量(C+D)超过 700 万t,深部还有巨大的潜力(祝新友等,2006)。其矿化集中,铅锌平均品位可高达 1.32%和 7.04%^①。由于其经济价值,自从发现以来,引起了矿床学界的广泛关注(祁思敬等,1999;张声炎等,1988)。本文在课题组野外考察和室内分析的基础上,结合前人工作获取的地球化学数据,进一步分析厂坝-李家沟矿床的地质特征及其成因。

1 区域地质概况

在大地构造上,厂坝铅锌矿位于西秦岭海西褶皱带东段的岷县复背斜轴部,南邻徽县-成县拗陷,北与西和-礼县拗陷相接。矿区构造线主要为近东西向,其南、北两侧分别以人土山-江洛和黄渚关 2 条深大断裂为界^①。

矿区内地层主要为中泥盆统西汉水群,广泛发育碎屑岩和碳酸岩。矿体主要赋存于中泥盆统安家岔组的碳酸盐岩与千枚岩之间,呈狭长的东西向带状展布。本课题组的实地勘查和前人研究结果显示(王集磊等,1996),该矿区的地质可分为 8 层(见图 1),3 个含矿层分别为石英片岩层、黑云母片岩层和大理岩夹方解石黑云母石英片岩层。另外,矿区北部出露有中基一中酸性的黄渚关杂岩体,南部有厂坝黑云母花岗岩岩株。矿区褶皱不发育,断裂分布较广泛,主要有北东向和北西向 2 组断裂构造,其中北东向断裂多属成矿前断裂,而北西向则为成矿后断裂。北东向断裂最为发育,且具有同生性质,主要有 F₁、F₂ 等。F₁ 断裂位于矿区西侧,也是石鼓子大理岩与其他岩层的分界线,矿区东南部的 F₂ 断裂是厂坝与李家沟铅锌矿床的分界线。

2 矿床地质特征

2.1 矿体分布及其与沉积层序的关系

厂坝绝大多数矿体产状与围岩基本一致,呈层状、似层状或透镜状,集中赋存在近 500 m 厚的地层柱中。矿体厚度西厚东薄,矿体形态和规模明显受沉积洼地控制(马国良等,1996)。

矿石的矿物成分和结构构造从矿体的底部到顶部呈规律性变化。一般矿体中下部为块状矿石,富黄铁矿、闪锌矿、钠长石和石英;上部为条带状、浸染状和层纹状矿石,富闪锌矿、重晶石和方解石。厂坝矿区含矿层由数个这种韵律组成。矿体的整合产状和韵律组成指示矿床属于沉积型,而每一韵律则代表了成矿作用由强到弱的旋回性演化。矿石韵律之间常常夹有黑云石英片岩,这种产出关系反映了矿质沉积与正常沉积之间互为消长的关系。

^① 甘肃冶金勘探公司 106 地质队. 1969. 甘肃厂坝铅锌矿床地质勘探报告. 内部资料.

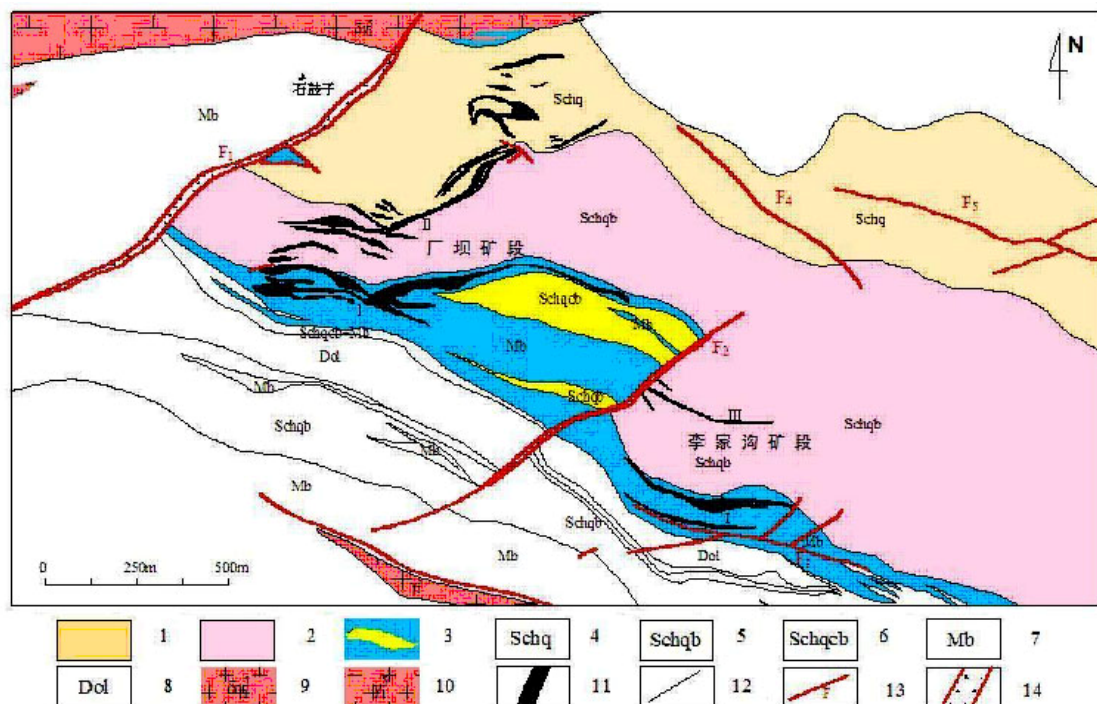


图 1 厂坝-李家沟矿床地质图 (据甘肃冶金一队, 1969; 王集磊等, 1996 改绘)

1—矿区含矿第三层; 2—矿区含矿第二层; 3—矿区含矿第一层; 4—石英片岩; 5—黑云母石英片岩; 6—黑云母石英方解片岩; 7—大理岩;
8—白云岩; 9—花岗岩长岩; 10—二云母花岗岩; 11—矿体; 12—地质界线; 13—断层; 14—断层角砾带

2.2 岩(矿)石结构构造

矿床的围岩主要为变质岩, 依其结构构造可划分为 2 种类型, 即细碎屑岩型和碳酸盐岩型。前者多具细粒鳞片变晶结构、斑状变晶结构、变余粉砂状结构, 片状、条纹或条带状构造。这种构造特征反映了原岩的沉积薄层理; 后者主要表现为他形粒状变晶、鳞片粒状变晶、半自形粒状变晶、粒状镶嵌等结构。构造则为条带状、变余纹层状、片状、条块状。这些特征反映了成矿热液的活动具多期次脉动性, 从而构成了多层次的韵律层序(陈光, 2002)。

矿石的结构较为复杂, 但构造相对简单, 保留有较多的沉积-成矿的原始结构构造。常见的结构有显微莓球状结构、针状结构、他形隐晶质结构、显微球粒结构。这些都是沉积-成矿作用的产物(陈光, 2002)。矿石构造可分为沉积-成矿作用构造、变质构造和动力作用构造。沉积-成矿作用的构造主要有浸染-条带状、条纹-条带状、隐晶质条带、条块状、块状等构造。这些构造虽已经受变质, 但可恢复为原生的层状沉积构造, 沉积成因特点清晰可辨; 动力作用的构造主要有角砾状、似角砾状等。似角砾状构造是热水沉积的主要特征(周永章, 1990)。

2.3 矿区构造背景

前人对厂坝矿区所处的秦岭造山带的构造环境演化做了大量的地层学、沉积学工作(邵世才等, 1999)。在古大地构造环境下, 厂坝矿床位于西秦岭泥盆纪弧后盆地的南部边缘。这个弧后盆地的基底基本上是大陆壳性质。至中泥盆纪晚期, 由于微板块继续向北俯冲产生的拉张裂隙作用, 盆地内产生了同生断裂(F_1 断裂等)。由此可见, 厂坝矿床形成于硅铝质冒地槽环境, 具体构造背景是受裂谷控制的克拉通内部及其边缘的沉降盆地, 具有较典型的 Sedex 型矿床特征(韩发等, 1999)。热水盆地和同生断裂的形成成为含矿卤水

富集、喷溢和沉积提供了必不可少的条件，也是Sedex型矿床的主要判别标志。

此外，矿区内的花岗岩体矿化作用不明显和围岩蚀变弱等都可以为厂坝矿床的沉积成因提供佐证。

3 地球化学特征

3.1 同位素

厂坝矿床已积累了较为丰富的S、Pb、C、O等同位素数据（马国良等，1996；杨松年等，1986；窦元杰等，1992）。矿床硫同位素以富集 ^{34}S 为特征， $\delta^{34}\text{S}$ 值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（杨松年等，1986）。窦元杰的研究表明，印支期黄诸关花岗岩闪长岩中的黄铁矿、方铅矿与矿石中相应硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值差异较大，指示岩体与成矿作用无关。矿石铅同位素稳定，波动较小，基本上属于正常铅。经计算， φ 值模式年龄为 293~508 Ma，明显老于赋矿底层，说明铅来源于地壳深部（窦元杰等，1992）。

前人对矿石、大理石以及条带状石英钠长石岩中方解石的碳-氧同位素组成也进行了测定（马国良等，1996），结果显示， $\delta^{13}\text{C}$ 值与海相碳酸盐岩值非常接近，表明成矿热液中的碳来源于海相碳酸盐矿物；氧同位素值则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。

3.2 微量元素

矿床的微量元素分析表明（马国良等，1996），成矿元素Pb、Zn、Cu及与成矿密切相关的Hg、Sb、Ag和Au等在含矿岩系的黑云石英片岩和大理岩中的含量，除As和Ag外，均高于秦岭造山带泥盆系微量元素含量的平均值（见表1），这指示含矿地层并非矿源层。条带状的石英钠长石岩和重晶石所含的典型喷气元素B和As的含量比正常沉积岩高出几倍到几十倍。闪锌矿和黄铁矿内单矿物微量元素分析结果显示，闪锌矿中Cd含量为0.1%左右，Zn/Cd比值 $\gg 500$ ，Cd的含量较少说明成矿温度为中-高温（因为Cd在中-高温表现为亲石性，中-低温表现为亲硫性）；黄铁矿中Co含量小于 100×10^{-6} ，Co/Ni比值为0.2~0.8，说明黄铁矿为热水沉积成因。

表1 厂坝-李家沟矿床含矿岩石微量元素表 ($w_B/10^{-6}$)

统	组	岩性	样品数/个	Cu	Pb	Zn	Hg	Sb	As	Ag
中泥盆统	安家岔组	黑云母石英片岩	76	29	34	122	0.43	0.94	15.9	0.09
		大理岩	15	18	55	203	0.09	2.70	17.3	0.16
秦岭地区泥盆系平均丰度		碎屑岩	5	19.3	17.4	41.3	0.05	0.70	1.6	0.18
		碳酸盐岩	113	3.6	14.1	16.9	0.04	1.40	2.7	0.30
		沉积岩		40	15	72	0.27	1.00	1.2	0.07

注：据黎彤（1981）、王集磊等（1996）。

3.3 稀土元素

从厂坝-李家沟矿床的矿石与赋矿围岩稀土元素球粒陨石标准化分布形式图（图2）可以看出，厂坝与李家沟2个矿段的围岩和矿石标准化形式有较强的相似性。REE整体有右倾的特点，呈明显的负Eu异常，Ce亏损不显著。产于黑云石英片岩中的矿石与产于大理岩中的矿石分布形式大体相似。厂坝地区的这种稀

土元素配分模式暗示着矿石和围岩均为海底热水沉积成因 (Song et al., 1997)。

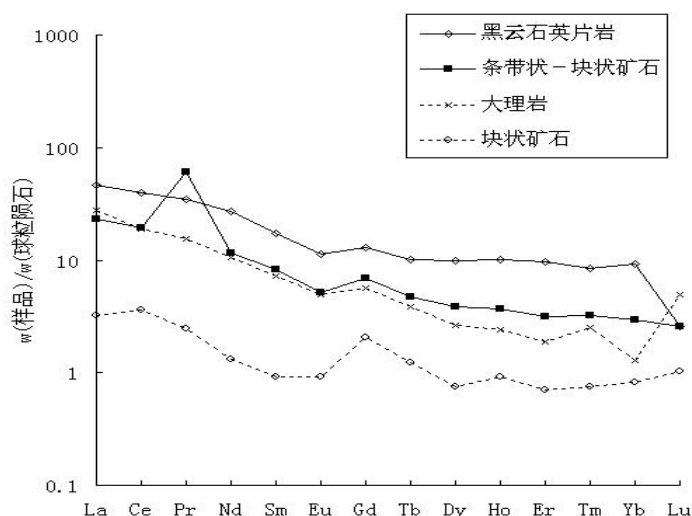


图 2 厂坝-李家沟矿床矿石与围岩稀土元素球粒陨石标准化分布形式图 (数据来自 Song et al., 1997)

实线为厂坝矿段, 虚线为李家沟矿段

4 矿床成因模式

关于厂坝矿床的成因, 主要有岩浆期后中低温热液矿床^①与沉积成矿 (祝新友等, 2006; 祁思敬等, 1999; 张声炎等, 1988) 之争。笔者综合野外观察和室内分析结果表明, 厂坝矿床属于较典型热水沉积成矿作用的产物, 矿床主要成矿期是沉积成岩期。在成矿物质来源方面, 金属元素主要来源于基底地层, 硫主要可能来源于海水硫酸盐。由于大气降水的渗透回流, 基底地层的金属离子被萃取, 形成的热卤水经同沉积断裂 (F_1) 喷溢后流入封闭、半封闭的沉积洼地。随着物理化学环境的变化, 金属物质发生沉积形成金属软泥。在还原条件下, 随有机质的分解, 大量的硫和铅锌铁等金属发生相互作用形成喷流沉积型硫化物矿体。这种喷流沉积作用在较长的时间内反复发生, 从而形成了厂坝-李家沟超大型矿床。

5 结 论

(1) 厂坝矿体的形态和规模明显受沉积洼地控制。片状、条带状构造特征反映了原岩的沉积薄层理和成矿热液活动的多期性。似角砾状的动力作用构造的发现支持了矿床的热水沉积成因。

(2) 成矿元素主要来源于基底地层, 硫主要可能来源于海水硫酸盐。矿石和围岩均为海底热水沉积成因。

(3) 厂坝矿床属于热水沉积成矿作用的产物, 矿床主要成矿期是沉积成岩期。

志 谢 本文得到甘肃白银有色金属总公司厂坝铅锌矿赵兴明科长和袁群虎高级工程师的帮助, 特此感谢。

^①甘肃冶金勘探公司 106 地质队, 1969. 甘肃厂坝铅锌矿床地质勘探报告. 内部资料.

参考文献

- 祝新友,汪东波,卫治国,等.2006.论南秦岭西成矿田南矿带铅锌矿的喷流成矿作用.矿床学研究面向国家重大需求新机遇与新挑战——第八届全国矿床会议论文集.北京:地质出版社.360-363.
- 祁思敬,李英.1999.南秦岭晚古生代海底喷气-沉积成矿系统.地学前缘,16(1):171-179.
- 张声炎,赵化探,吴健民.1988.厂坝-李家沟铅锌矿床成矿控制条件及矿化富集规律讨论.矿产与地质,2(2):1-9.
- 王集磊,何伯樾.1996.中国秦岭型铅锌矿床.北京:地质出版社.56-116,158-195,232-245.
- 马国良,祁思敬,李英,等.1996.甘肃厂坝铅锌矿床喷气沉积成因研究.地质找矿论丛,11(3):36-44.
- 陈光.2002.西成铅锌矿化集中区热水沉积成矿作用的岩矿证据.甘肃地质学报,11(1):32-40.
- 周永章.1990.广西丹池盆地热水成因硅岩的沉积地球化学特征.沉积学报,(3):75-83.
- 邵世才,汪东波.1999.古生-中生代秦岭造山带发展演化与金属成矿作用.有色金属矿床与勘查,8(5):257-263.
- 韩发,孙海田.1999. Sedex 型矿床成矿系统.地学前沿,6(1):139-153.
- 杨松年,缪远兴.1986.厂坝-李家沟铅锌矿床地质特征.矿床地质,5(2):14-23.
- 窦元杰.1992.甘肃成县厂坝-李家沟热水-沉积铅锌矿床地质特征.甘肃地质学报,1(2):32-50.
- Song X X, Xu Q S and Guo Y M.1997. REE geochemistry of VMS and SEDEX ores in China. Acta Geologica Sinica,71(3):11-67.

<http://www.kcdz.ac.cn/>