

文章编号: 1006-6616 (2011) 01-0091-12

云南兰坪盆地北部东缘铅锌矿床喷流沉积成因的厘定——来自矿物学和硫同位素证据

黄玉凤¹, 曹殿华¹, 王志军², 李以科¹, 王安建¹

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 罕王傲牛矿业股份有限公司, 辽宁 抚顺 113001)

摘 要: 通过详细的野外地质工作和显微镜下观察, 对云南兰坪盆地东北部维西—乔后断裂带上三叠统石钟山组 (T_3s) 中产出的铅锌矿床成因进行厘定。研究结果表明, 测区内存在大量典型的同生沉积矿床标志, 如: 纹层构造、条纹条带构造、网脉构造、黄铁矿条带软沉积构造、黄铁矿草莓状结构、黄铁矿胶状构造、闪锌矿同心环状构造等。青甸湾矿床金属硫化物硫同位素测试结果显示, 黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 介于 $3.7‰ \sim 8.1‰$, 均值 $5.34‰$; 闪锌矿的 $\delta^{34}S$ 介于 $5.2‰ \sim 10.0‰$ 之间, 均值为 $7.18‰$; 方铅矿的 $\delta^{34}S$ 介于 $5.2‰ \sim 9.9‰$ 之间, 均值为 $7.275‰$, 铅锌矿床硫来源于海水硫酸根无机还原。结合矿床形成时代及大地构造背景, 认为该区铅锌矿为喷流沉积作用形成。

关键词: 兰坪盆地; 喷流沉积; 同生沉积; 矿物学; 硫同位素

中图分类号: P611

文献标识码: A

0 引言

云南兰坪中生代陆相盆地是著名的三江构造带的重要组成部分, 矿产资源丰富, 尤以金顶超大型铅锌矿床而闻名于世。兰坪盆地矿集区是中国西南重要的铅锌银铜大型矿集区, 其 Pb-Zn 多金属矿床主要集中于兰坪盆地北部, 包括金顶、白秧坪、维西—乔后断裂带等地区。白秧坪地区的 Pb-Zn 多金属矿床多呈脉状、透镜状等, 受逆冲推覆断裂构造控矿明显, 后生热液成矿特征显著^[1-7], 但也有人提出可能有同生沉积的观点^[8]。在盆地北部维西—乔后断裂带展布的铅锌矿目前的认识有热水沉积型或沉积-改造型^[9-10]。受限于研究工作程度, 盆地北部存在同生沉积的观点尚未成熟, 还没得到统一的认识。本文依据维西—乔后断裂东侧青甸湾铅锌矿床大量的野外现象、室内镜下特征以及硫同位素特征为佐证, 阐述了该区铅锌矿喷流沉积型的观点。该结论完善了对兰坪盆地东缘铅锌矿床的认识, 改变了以往认为该区铅锌矿床严格受断裂构造控矿的观点, 使该区的找矿工作走上由构造控矿转变为地层控矿的新思路。

收稿日期: 2010-10-26

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2006BAB01A07) 资助。

第一作者简介: 黄玉凤 (1986-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事成矿规律方面的研究工作。

通讯作者: 王安建 (1953-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事区域成矿学与矿产资源评价研究。E-mail: ajwang@

喷流沉积矿床 (Sedimentary Exhalative Deposit) 通常是指碎屑岩 (页岩、粉砂岩) 或碳酸盐为主的沉积岩中整合产出的层状矿床, 国内也称作热水沉积矿床, 以规模大、延伸稳定为特征。矿床构造背景多样, 在大洋中脊、岛弧裂谷、弧后盆地、板内及大陆边缘裂谷等构造环境均可形成。研究发现, 地质历史中的海底喷流沉积成矿作用主要发生在大陆边缘或拗拉槽裂谷、地堑中, 而且边缘裂谷比洋底裂谷和陆内裂谷更加有利于喷流热液成矿^[11~13]。兰坪盆地晚三叠世发生大规模的后碰撞伸展, 由碰撞引发的挤压构造应力开始转变为拉张的构造环境, 兰坪盆地及周缘进入拉张应力状态, 从边缘向中心发生阶梯状裂陷, 伴随强烈的双峰式火山活动, 开始进入短暂的陆内裂谷盆地的发展时期^[14~17]。正是这短暂的裂谷环境, 为晚三叠世喷流沉积矿床形成提供了可能。

1 地质背景

青甸湾—菜子地矿区位于兰坪盆地北部边缘断裂维西—乔后断裂的东侧, 该断裂属于金沙江断裂带的一部分 (见图 1)。

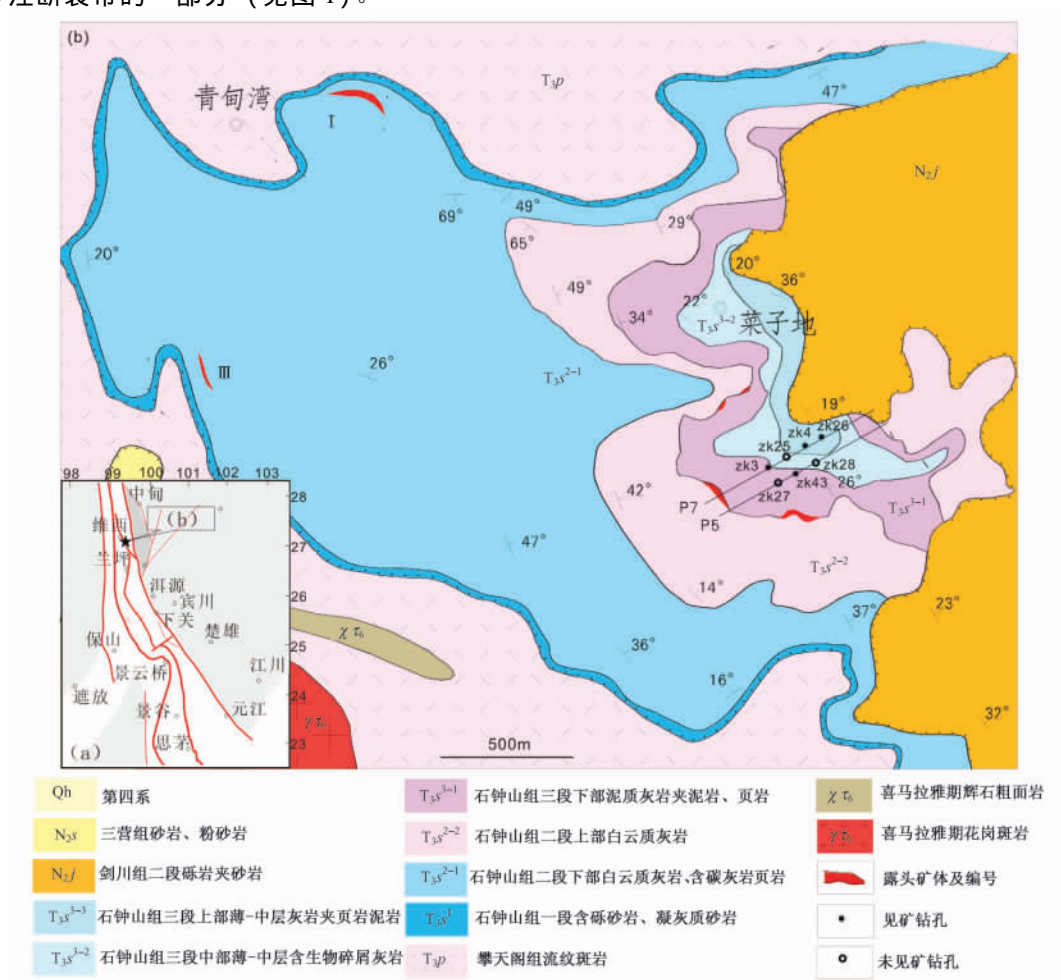


图 1 青甸湾—菜子地矿区大地构造位置及矿区地质图

Fig. 1 A map showing the location and geological tectonics of Qingdianwan-Caizidi Mining

兰坪中生代盆地的演化经历了裂谷盆地—坳陷盆地—前陆盆地—走滑拉分盆地 4 个阶段，沉积建造主要由中生界三叠系、侏罗系和白垩系组成，其上局部地段叠加覆盖有新生代地层，地层厚度巨大，但各层系有不同程度缺失^[18]。盆地东部地区三叠系包括碰撞造山及碰撞后伸展作用形成的攀天阁组流纹斑岩和催依比组双峰式火山岩，晚三叠世为裂谷盆地演化阶段，以碳酸盐岩与碎屑岩的交互沉积为特征；坳陷盆地演化阶段侏罗系在盆地内广泛分布，但缺失下统，主要为海相沉积紫红色砂、泥岩互层；前陆盆地演化阶段白垩系在盆地内广泛分布，但仅存下统，以陆相砂泥岩沉积为主；走滑拉分盆地阶段沉积了多个膏盐层的红色碎屑岩建造。

盆地北部东缘地区地层的展布方向均为北西走向，地层的展布以维西—乔后断裂为界，其西分布的是兰坪盆地内的中生代陆相红层碎屑岩沉积，其东主要分布有呈北西向展布的上三叠统石钟山组灰岩及三叠系攀天阁组流纹斑岩。岩浆岩有呈小岩株存在的喜马拉雅期的正长岩及花岗斑岩等。

2 矿床地质特征

青甸湾—菜子地铅锌矿区出露地层主要有上三叠统攀天阁组（ T_3p ）流纹斑岩和石钟山组（ T_3s ）灰岩以及新近系上新统（ N_2 ）砂岩（见图 1）。矿体赋存在石钟山组（ T_3s ）中，石钟山组岩性组合如图 2 所示，为一套海相碳酸盐沉积。

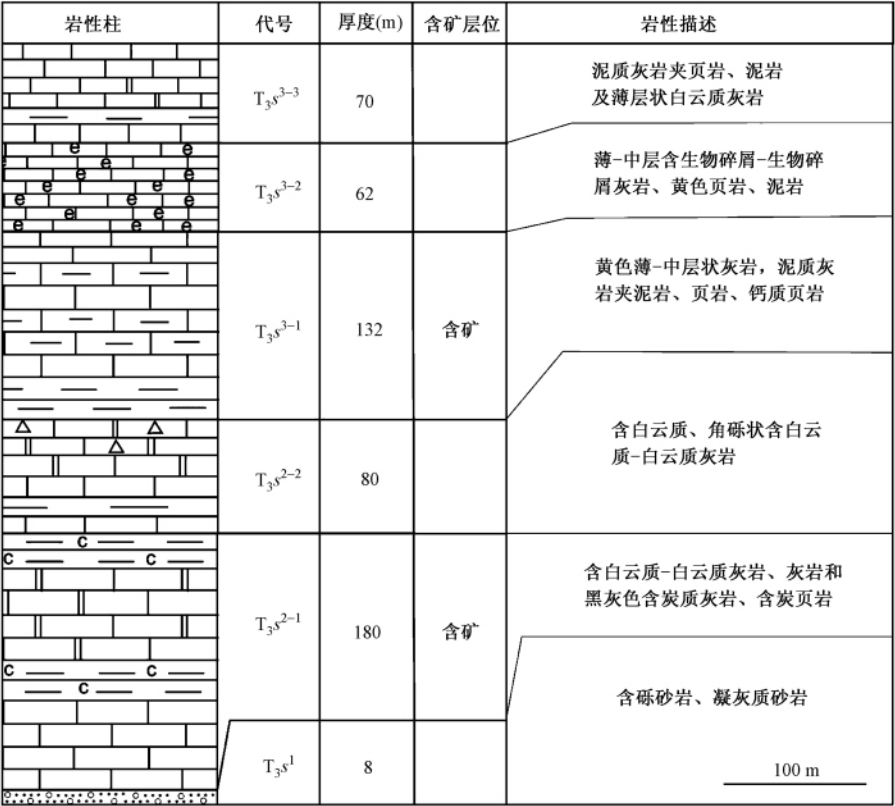


图 2 石钟山组（ T_3s ）岩性组合柱状图

Fig. 2 ShiZhongShan group lithological histogram

矿区本部断裂构造不发育,在矿区外围附近见有断裂,皆为成矿后期断裂,矿区为平缓而略带波状起伏的向斜构造,轴向北西,轴部地层为石钟山组 (T_3s^3),南西翼倾角 $20^\circ \sim 35^\circ$,北东翼地层倾角为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

区内岩浆岩活动在维西褶皱束及其以东地区较为强烈。岩浆岩主要有印支期的酸性熔岩和喜马拉雅期的酸性侵入岩,以喜马拉雅期为主。

在青甸湾—菜子地铅锌矿区,沿矿区向斜轴部北西向分为菜子地、青甸湾两个矿床,相距约 2 km,中等规模,属中型铅锌矿。矿体形态均呈透镜、似层状,严格受地层控制,顺层产出(见图 3、图 4)。菜子地矿床矿体平均铅品位 3.78%,锌品位 5.55%;青甸湾矿床矿体平均铅品位 8.05%,锌品位 8.46%。矿区围岩蚀变较强,主要有重晶石化、硅化、方解石化,围岩蚀变强弱与矿石品位贫富有直接关系,围岩蚀变强则矿石品位富。

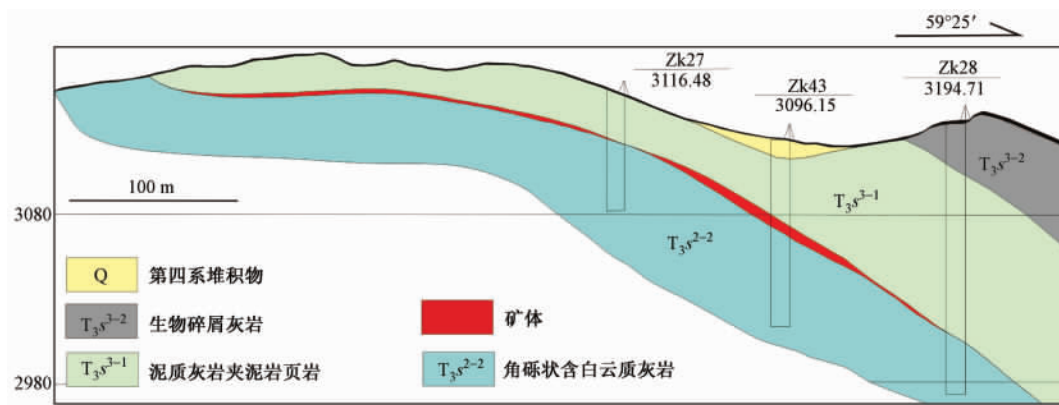


图 3 P5 号勘探线剖面图

Fig. 3 Profile of P5 prospecting line

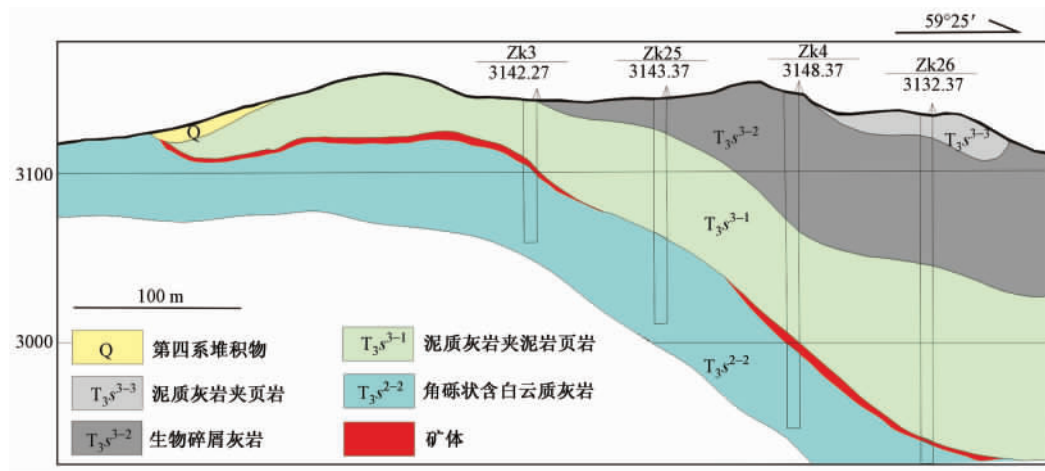


图 4 P7 号勘探线剖面图

Fig. 4 Profile of P7 prospecting line

3 矿石特征

3.1 矿物组合特征

矿物组合简单，矿石矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿；脉石矿物主要为方解石、白云石，占50%左右，其次为重晶石，占5%~10%，再次为黏土和石英，占3%~5%，另有极少量硬石膏及天青石。

① 闪锌矿：有草莓状和同心环状两种形态，颜色浅黄色到棕黄色。草莓状闪锌矿手标本不可见，粒径50~100 μm ，呈细粒结构，浸染状、稠密浸染状构造分布（见图5c、5e、5g、5h）。

② 方铅矿：分两种类型产出，其一为自形、半自形粒状，粒径300 μm 左右，解理明显，脉状或孤立颗粒与闪锌矿黄铁矿共生（见图5j）；另一种为他形粒状，粒径50 μm 左右，通常生长在闪锌矿边部或内部，呈交代星状（见图5h）或交代反应边结构。

③ 黄铁矿：以胶状、草莓状、粒状形态产出。胶状黄铁矿被草莓状闪锌矿交代，呈浑圆状，具有多个环带，粒径700 μm 左右（见图5d）；粒状黄铁矿粒度细小，粒径5~30 μm ，呈浸染状分布（见图5f）。

3.2 矿石组构

3.2.1 矿石结构

矿石结构包括胶状结构、球形结构、他形粒状结构、自形粒状结构和交代结构。

胶状结构：包括草莓状结构和皮壳状结构。草莓状结构是闪锌矿矿石最为主要的一种矿石结构，指闪锌矿呈似圆状不规则排列或堆集而成（见图5d、5f）。

球形结构：含黄铁矿矿石的一种典型结构，指黄铁矿成球形胶粒，球粒大小700 μm 左右，常见部分球状黄铁矿为两个阶段或多个阶段形成，可见较为清晰的环带结构（见图5d）。

他形粒状结构：部分黄铁矿呈不规则粒状或聚集成不规则粒状分布（见图5b）。

自形、半自形结构：少量毒砂呈自形柱状分布在脉石矿物中（见图5i）

交代结构：闪锌矿交代黄铁矿成草莓状（见图5d、5f），方铅矿交代闪锌矿成星状（见图5h）。

交代反应边结构：是指闪锌矿沿黄铁矿周边进行交代，方铅矿沿闪锌矿周边进行交代。

3.2.2 矿石构造

矿石构造包括浸染状构造、脉状构造、团块状构造、重结晶构造和角砾状构造。

浸染状构造：闪锌矿、黄铁矿、方铅矿在矿石中呈星散浸染状或稠密浸染状分布。

脉状构造：方铅矿、闪锌矿在矿石中成似脉状分布（见图6c）。

角砾状构造：指碳酸盐发生溶蚀形成溶蚀角砾，或碳酸盐被溶蚀后发生坍塌形成溶蚀坍塌角砾，角砾被白云石、方解石或硫化物胶结（见图6c）。

软沉积构造：指沉积物在沉积后还未固结成岩期，由于受构造扰动发生的揉皱现象。（见图6b、6d）。

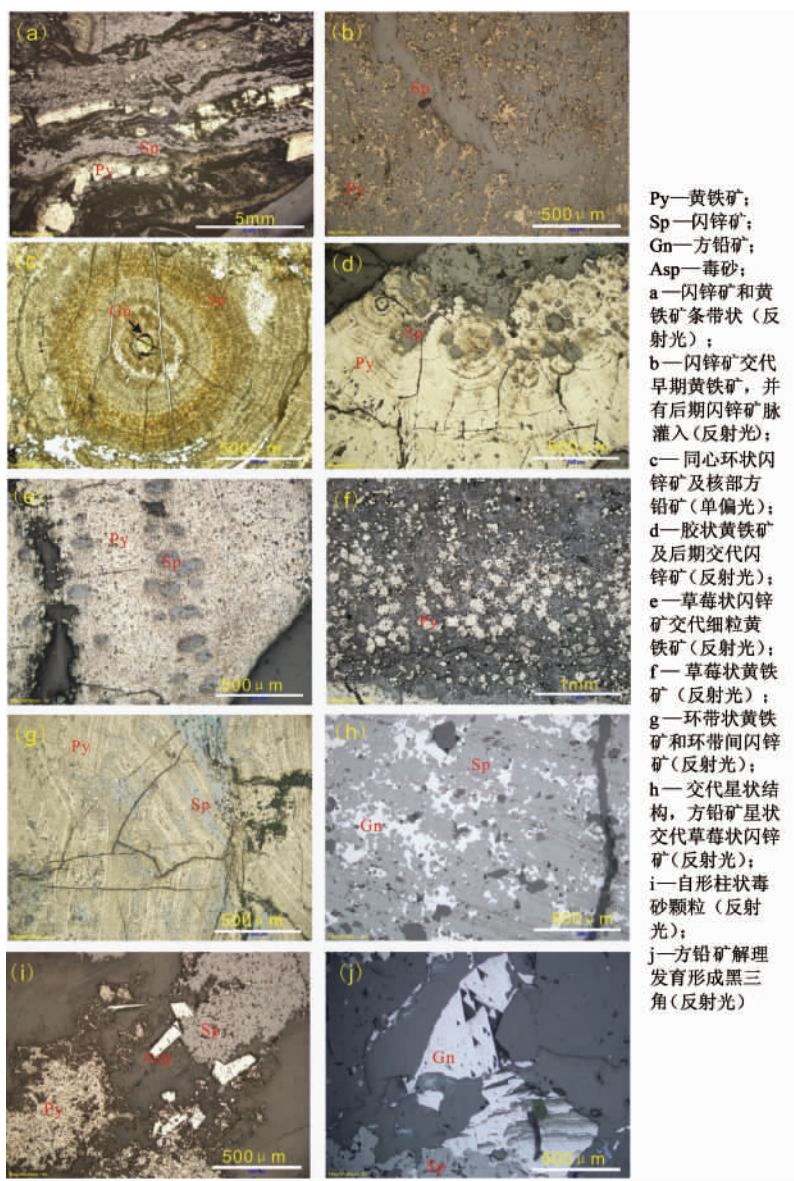
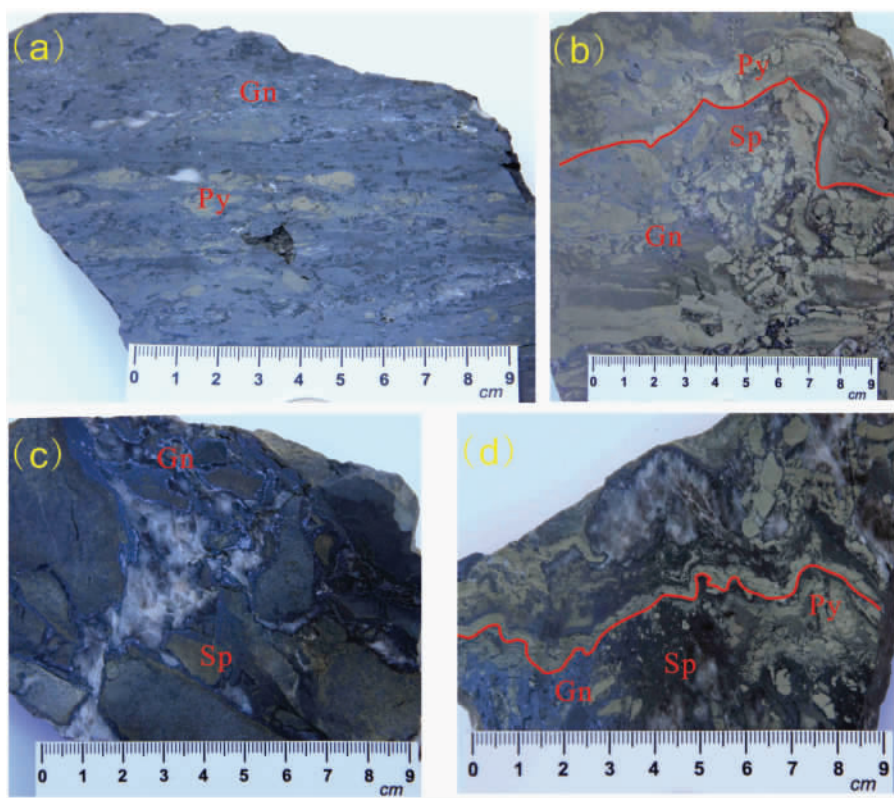


图5 青甸湾矿床上三叠统灰岩 Pb-Zn 矿典型矿物结构

Fig. 5 Typical mineral textures in the Upper Triassic limestone Pb-Zn deposit in Qingdianwan area

4 硫同位素特征

本次研究对青甸湾—菜子地铅锌矿区测定硫同位素 15 件, 其中黄铁矿 6 件, 闪锌矿 5 件, 方铅矿 4 件, 分析结果见表 1。从表 1 中可以看出, 金属硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化范围为 $3.7\text{‰} \sim 10.0\text{‰}$ (样品数为 14, 其中去除了 QD-2 黄铁矿异常数据), 极差为 6.3‰ , 平均值为 6.55‰ ; 黄铁矿 (样品数为 5) 的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $3.7\text{‰} \sim 8.1\text{‰}$, 极差为 4.4‰ , 均值 5.34‰ ; 闪锌矿 (样品数为 5) 的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $5.2\text{‰} \sim 10\text{‰}$ 之间, 极差为 4.8‰ , 均值为 7.18‰ ; 方铅矿 (样品数为 4) 的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $5.2\text{‰} \sim 9.9\text{‰}$ 之间, 极差为 4.7‰ , 均值为



Py—黄铁矿；Sp—闪锌矿；Gn—方铅矿；(a) 一方铅矿和黄铁矿呈不连续条带；(b) 一黄铁矿条带软沉积形成的揉皱；(c) 一硅质岩中网脉状方铅矿、细粒闪锌矿；(d) 一黄铁矿条带软沉积形成的揉皱以及浸染状方铅矿和闪锌矿

图6 青甸湾矿床上三叠统灰岩 Pb-Zn 矿典型矿石构造

Fig. 6 Typical mineral structures in the Upper Triassic limestone Pb-Zn deposit in Qingdianwan area

7.275‰。本矿床金属硫化物的硫同位素不存在 $PbS < ZnS < FeS_2$ 的分布特点，反应热液体系硫同位素分馏没有达到平衡。而菜子地矿床中重晶石的 $\delta^{34}S$ 值 (22.9‰ ~ 25.3‰) 可以认为与该阶段海水硫酸根的硫同位素特征相一致^①。桑斯特^[19]对形成于显生宙的 110 个块状硫化物矿床 2300 多个硫同位素数据进行计算机统计的结果表明，喷流沉积和火山块状硫化物两类块状硫化物矿床的硫与同期海水的硫在同位素组成上有一定的相关关系。侯增谦^[20]对显生宙以后的火山岩型块状硫化物矿床的硫同位素总结后认为，其硫化物的 $\delta^{34}S$ 值显著小于硫酸盐的 $\delta^{34}S$ 值，但一般均大于零值，平均值为 $6.8‰ \pm 4.2‰$ ，这与海水硫酸盐经无机还原反应的 $\delta^{34}S$ 峰值变化范围十分一致。青甸湾铅锌矿的硫同位素变化与该类矿床的硫同位素组成极为一致，反映铅锌矿床的硫同位素来源于海水硫酸根的无机还原特点。

本文同时结合前人对区域上白秧坪三山地区以及金顶铅锌矿的研究成果，进行了硫同位素的对比研究。

灰山—黑山金属硫化物 (9 件样品) 的 $\delta^{34}S$ 值变化范围为 $-7.3‰ \sim 2.0‰$ ，极差为 9.3‰，平均值为 $-3.18‰$ ；其中闪锌矿 (3 件样品) 的 $\delta^{34}S$ 值介于 $-4.1‰ \sim 2.0‰$ 之间，

① 范世家. 兰坪盆地东、西带铅锌铜多金属成矿作用对比研究 [D]. 中国地质科学院博士论文. 2007.

表 1 青甸湾、灰山—黑山、金顶矿区（北厂、架崖山）硫同位素组成

Table 1 Sulfur isotopic composition in Qingdianwan, Huishan-Heishan and Jinding (Beichang, Jiayashan) deposits

序号	样号	地点	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	序号	样号	地点	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$
1	QD-1	青甸湾	黄铁矿	8.1	31	黑 LD1-2	黑山	方铅矿	-4.0
2	QD-1	青甸湾	闪锌矿	7.3	32		灰山	方铅矿	-3.7
3	QD-1	青甸湾	方铅矿	7.7	33		灰山	方铅矿	-3.9
4	QD-2	青甸湾	黄铁矿	-1.2	34		灰山	闪锌矿	-4.1
5	QD-2	青甸湾	闪锌矿	10.0	35	TY16	北厂	方铅矿	-22.68
6	QD-2	青甸湾	方铅矿	9.9	36	21	北厂	方铅矿	-30.43
7	QD-5	青甸湾	黄铁矿	4.7	37	57	北厂	方铅矿	-12.04
8	QD-7	青甸湾	黄铁矿	3.7	38	20	北厂	方铅矿	-12.20
9	QD-7	青甸湾	闪锌矿	5.2	39	26	北厂	黄铁矿	-13.88
10	QD-9	青甸湾	黄铁矿	4.5	40	15	北厂	黄铁矿	-15.21
11	QD-9	青甸湾	闪锌矿	5.8	41	6	北厂	方铅矿	-2.69
12	QD-9	青甸湾	方铅矿	5.2	42	32	北厂	方铅矿	-7.57
13	QD-11-1	青甸湾	黄铁矿	5.7	43	58	北厂	闪锌矿	-13.00
14	QD-11-1	青甸湾	闪锌矿	7.6	44	TY14	北厂	闪锌矿	-1.71
15	QD-11-1	青甸湾	方铅矿	6.3	45	4	北厂	闪锌矿	-14.59
16	HXQ103	灰山	闪锌矿	0.1	46	25	北厂	闪锌矿	-7.67
17	HX-48-1	灰山	闪锌矿	2.0	47	YN31	架崖山	方铅矿	-3.83
18	灰 LD1-1	灰山	方铅矿	-3.7	48	25	架崖山	方铅矿	-5.36
19	灰 LD1-2	灰山	方铅矿	-4.0	49	65	架崖山	黄铁矿	-16.07
20	黑 LD1-1	黑山	方铅矿	-7.3					

注：1~15 为本文实测；16~35 据何明勤^[5]；36~49 据云南省地质矿产局第三地质大队，1990

极差为 6.1‰，均值为 0.67‰；方铅矿（6 件样品）的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 -7.3‰ ~ -3.7‰ 之间，极差为 11‰，均值为 -4.3‰；一件天青石样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 17.6‰。总体上灰山—黑山金属硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化幅度小，同位素绝对值也小，是深源硫或地幔硫的特征，没有生物有机硫的参与。

金顶铅锌矿金属硫化物（15 件样品）的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 -30.43‰ ~ -1.71‰，极差为 28.72‰，平均值为 -11.93‰；其中黄铁矿（3 件样品）的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 -16.07‰ ~ -13.88‰ 之间，极差为 2.19‰，均值为 -15.05‰；闪锌矿（4 件样品）的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 -14.59‰ ~ -1.71‰ 之间，极差为 12.88‰，均值为 -9.24‰；方铅矿（8 件样品）的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 -30.43‰ ~ -2.69‰ 之间，极差为 27.74‰，均值为 -12.1‰。金属硫化物的同位素组成特征说明，总体上富轻硫的特征；硫源广泛，主要来自碎屑岩，与生物成因有密切关系。

通过硫同位素组成对比，青甸湾、灰山—黑山、金顶三个地区相互之间差异明显（见图 7），显示了金属硫化物中硫的不同来源，青甸湾矿床的成因明显区别于灰山—黑山以及金顶铅锌矿。

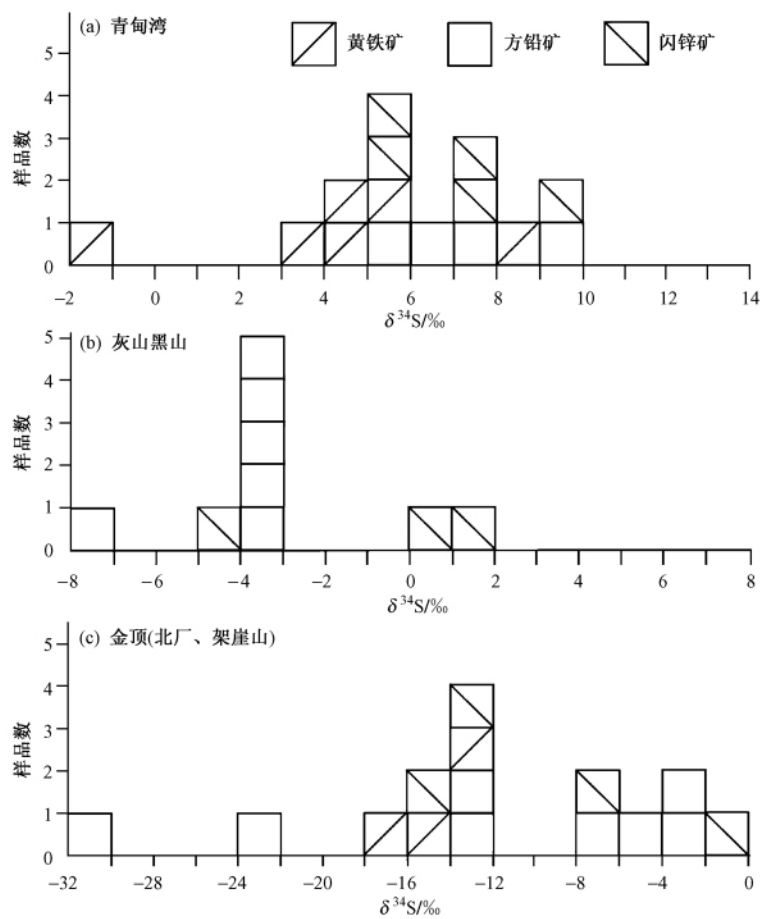


图 7 青甸湾、灰山—黑山、金顶（北厂、架崖山）矿床硫化物硫同位素组成分布图

Fig. 7 Distribution map of sulfur isotopic composition of sulfides from Qingdianwan , Huishan-Heishan and Jinding (Beichang , Jiayashan) deposits

5 讨论与结论

根据上述研究成果，本文认为兰坪盆地东北部青甸湾、菜籽地铅锌矿床为喷流沉积形成，主要有以下几个方面依据：

① 有利的大地构造环境：地堑式断裂、陆内裂谷环境产出典型的喷流沉积矿床，如中国秦岭裂谷系的厂坝式铅锌矿床位于复合型大陆造山带——秦岭造山带南带的西段，形成于扬子板块北部被动大陆边缘的拉张环境之中^[21]；青海锡铁山铅锌矿产于柴达木地块北缘早古生代裂陷中^[22]。兰坪盆地演化过程中，经历了晚三叠世至早侏罗世的陆内裂谷发展阶段。晚三叠世，兰坪盆地及周缘进入拉张应力状态，从边缘向中心发生阶梯状裂陷，并产生了广泛分布的双峰式火山活动。在拉张应力状态下，形成了一系列张性断裂，为盆地内热卤水循环、萃取成矿物质提供有利条件，并为最后的喷流沉积作用提供了通道。这些构成了喷流沉积矿床形成的有利条件。

② 矿体产出形态：青甸湾—菜子地矿区已知矿体均严格受地层控制，顺层产出，呈层

状、似层状,容矿围岩为碳酸盐岩夹泥岩、页岩等。而对于密西西比河谷型矿床来说,矿床是不整合的和层控的,但不一定是层状,可能呈网脉状穿层产出于碳酸盐中。因此,青甸湾—菜子地从矿体形态上更接近喷流沉积矿床。

③ 矿石结构构造证据:对于喷流沉积矿床,当热液从同生断裂喷流出来,热卤水在海底与冷的海水迅速混合冷却,导致金属矿物快速沉淀,形成细小的结晶颗粒。这也是喷流沉积矿床的一个重要特征,而青甸湾—菜子地矿床的金属矿物普遍呈细粒产出,十分吻合这个特征。同生沉积作用也是喷流沉积矿床最重要的特征之一。青甸湾矿床野外和室内镜下工作得到大量同生沉积的标志,如:纹层构造、条纹条带构造、黄铁矿条带软沉积揉皱构造、黄铁矿草莓状结构、黄铁矿胶状构造、闪锌矿同心环状构造等等,反映了硫化物从过饱和的流体中快速沉积的特点。

④ 硫同位素证据: Ohmoto H^[23] 评述了热液矿床的硫同位素成分,某些类型的矿床具有狭窄的成分范围,因而具有一个相当特定的物质来源;而一些矿床具有宽广的成分范围,物质来源可能是多源的。密西西比河谷型矿床就是后一类矿床的实例,而青甸湾矿床硫同位素则明显区别于密西西比河谷矿床。青甸湾矿床硫同位素来源于海水硫酸根的无机还原,这个过程可能是冷的海水硫酸盐沿裂隙进入深部随热卤水循环,期间硫酸根被还原并萃取了金属元素,然后流体携带硫化物沿着裂隙返回海底与海水混合,在海底沉淀出细粒的硫化物成矿,即喷流沉积矿床。

综合上述对青甸湾—菜子地矿床的认识,所列证据都有力地证明了其喷流沉积成因,兰坪盆地北部东缘的铅锌矿也均属于喷流沉积成因。

参 考 文 献

- [1] 田洪亮. 兰坪三山多金属矿床地质特征 [J]. 云南地质, 1998, 17 (2): 199 ~ 206.
TIAN Hong-liang. The geological features of Sanshan polymetallic deposit, Lanping [J]. Yunnan Geology, 1998, 17 (2): 199 ~ 206.
- [2] 薛春纪, 陈毓川, 王登红, 等. 滇西北金顶和白秧坪矿床: 地质和 He, Ne, Xe 同位素组成及成矿时代 [J]. 中国科学: D 辑, 2003, 33: 316 ~ 322.
XUE Chun-ji, CHEN Yu-chuan, WANG Deng-hong, et al. Geology and He, Ne, Xe isotopic composition and ore-forming age of Jinding and Baiyangping deposit, Northwest of Yunnan Province [J]. Science China: series D, 2003, 33: 316 ~ 322.
- [3] 杨伟光, 喻学惠, 李文昌, 等. 云南白秧坪银多金属矿集区成矿流体特征及成矿机制 [J]. 现代地质, 2003, 17 (1): 27 ~ 33.
YANG Wei-guang, YU Xue-hui, LI Wen-chang, et al. The characteristics of metallogenic fluids and metallogenic mechanism in Baiyangping silver and polymetallic mineralization concentration area in Yunnan province [J]. Geoscience, 2003, 17 (1): 27 ~ 33.
- [4] 邵兆刚, 孟宪刚, 冯向阳, 等. 云南白秧坪—华昌山矿带构造特征及其控矿作用 [J]. 地质力学学报, 2003, 9 (3): 246 ~ 253.
SHAO Zhao-gang, MENG Xian-gang, FENG Xiang-yang, et al. Tectonic characteristics of the Baiyangping-Huachangshan ore belt, Yunnan Province and its ore-controlling effect [J]. Journal of Geomechanics, 2003, 9 (3): 246 ~ 253.
- [5] 何明勤, 刘家军, 李朝阳, 李志明, 刘玉平. 兰坪盆地铅锌铜大型矿集区的流体成矿作用机制: 以白秧坪铜钴多金属地区为例 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.
HE Ming-qin, LIU Jia-jun, LI Chao-yang, et al. A large Cu, Pb, Zn ore district of the fluid mineralization mechanism in Lanping Basin: A case study of polymetallic Cu-Co deposit in Baiyangping [M]. Beijing: Geological Publishing House,

- 2004.
- [6] 何龙清, 陈开旭, 余凤鸣, 等. 云南兰坪盆地推覆构造及其控矿作用 [J]. 地质与勘探, 2004, 40 (4): 7~12.
HE Long-qing, CHEN Kai-xu, YU Feng-ming, et al. Nappe tectonics and their ore-controlling of Lanping Basin in Yunnan Province [J]. Geology and Prospecting, 2004, 40 (4): 7~12.
- [7] 何龙清, 季玮, 陈开旭, 等. 滇西兰坪盆地白秧坪地区东矿带推覆构造的控矿作用 [J]. 地质力学学报, 2007, 13 (2): 110~118.
HE Long-qing, JI Wei, CHEN Kai-xu, et al. Ore-controlling effect of nappe structure in east ore zone of the Baiyangping area, LanPing Basin, Yunnan [J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13 (1): 110~118.
- [8] 陈开旭, 何龙清, 杨振强, 等. 云南兰坪三山一白秧坪银多金属成矿富集区的碳氧同位素地球化学 [J]. 华南地质与矿产, 2000, (4): 1~8.
CHEN Kai-xu, HE Long-qing, YANG Zhen-qiang, et al. Oxygen and carbon isotope geochemistry in Sanshan-Baiyangping copper-silver polymetallic ogenic enrichment district, Lanping, Yunnan [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2000, (4): 1~8.
- [9] 薛顺荣. 剑川金山桃铅锌矿床特征及成因探讨 [J]. 云南地质, 2000, 19 (1): 29~36.
XUE Shun-rong. A discussion on the feature and genesis of JinShanTao Pb-Zn deposit of Jianchuan [J]. Yunnan Geology, 2000, 19 (1): 29~36.
- [10] 陈梁, 孙德瑜, 王列, 等. 兰坪县青甸湾铅锌矿床地质 [J]. 云南地质, 2009, 28 (3): 280~284.
CHEN Liang, SUN De-yu, WANG Lie, et al. The geology of QingDianwan Pb-Zn deposit in Lanping [J]. Yunnan Geology, 2009, 28 (3): 280~284.
- [11] 赵化琛. 我国若干裂谷构造特征及其成矿作用 [J]. 矿产与地质, 1995, 9 (1): 10~15.
ZHAO Hua-chen. Structural characters and their mineralization in some rifts in China [J]. Mineral Resources and Geology, 1995, 9 (1): 10~15.
- [12] Karen L. Geometry of the neoproterozoic and Paleozoic rift margin of western Laurentia: Implications for mineral deposit settings [J]. Geosphere, 2008, 4 (2): 429~444.
- [13] Heinrich D H. Sedimentary mineral deposits and the evolution of earth's near-surface environments [J]. Economic Geology, 2005, 100: 1489~1509.
- [14] 王成善, 唐菊兴, 顾雪祥, 陆彦. 喜马拉雅构造一成矿域及其成矿效应初步分析 [J]. 矿物岩石, 2001, 21 (3): 146~152.
WANG Cheng-shan, TANG Ju-xing, GU Xue-xiang, et al. Preliminary analysis on HIMALAYAN tectonic-metallogenic domain and its mineralization effect [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21 (3): 146~152.
- [15] 廖宗廷, 陈跃昆. 兰坪一思茅盆地原形的性质及演化 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2005, 33: 1527~1531.
LIAO Zong-ting, CHEN Yue-kun. Nature and evolution of Lanping-Simao Basin prototype [J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 2005, 33: 1527~1531.
- [16] 钟康惠, 唐菊兴, 刘肇昌, 寇林林, 董树义, 李志军, 周慧文. 青藏东缘昌都一思茅构造带中生代陆内裂谷作用 [J]. 地质学报, 2006, 9: 1296~1311.
ZHONG Kang-hui, TANG Ju-xing, LIU Zhao-chang, et al. Mesozoic-Genozoic intracontinental rifting of Changdu-Simao tectonic zone in east margin of Qinghai-Tibet, southwestern China [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 9: 1296~1311.
- [17] 陶晓风, 朱利东, 刘登忠, 等. 滇西兰坪盆地的形成及演化 [J]. 成都理工学院学报, 2002, 29 (5): 521~525.
TAO Xiao-feng, ZHU Li-dong, LIU Deng-zhong, et al. The formation and evolution of the Lanping Basin in western Yunnan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29 (5): 521~525.
- [18] 陈跃昆, 廖宗廷, 魏志红, 等. 兰坪一思茅中生代盆地的特征及构造演化 [J]. 石油实验地质, 2004, 10 (3): 219~222.
CHEN Yue-kun, LIAO Zong-ting, WEI Zhi-hong, et al. Characteristics and tectonic evolution of the Lanping-Simao Mesozoic basin [J]. Petroleum Geology&Experiment, 2004, 10 (3): 219~222.
- [19] Sangster D F. Sulfur and lead isotopes in strata-bound deposits [A]. In: Wolf K H. Handbook of strata-bound and

- stratiform ore deposits [C]. Amsterdam: Elsevier, 1976, 2: 219 ~ 266.
- [20] 侯增谦. 现代与古代海底热水成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社. 2003.
HOU Zeng-qian. Hydrothermal Systems and Metallogeny on the Modern and Ancient Sea-Floor [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003.
- [21] 匡文龙, 陈年生, 张万虎, 等. 厂坝—李家沟 SEDEX 型铅锌矿床成矿作用研究 [J]. 大地构造与成矿学, 2009, 32 (4): 542 ~ 547.
KUANG Wen-long, CHEN Nian-sheng, ZHANG Wan-hu, et al. Discussion on the Minerogenetic Process for Changba-Lijiaogou SEDEX Type Lead-Zinc Deposits [J]. Geotectonica et Metallogeni, 2009, 32 (4): 542 ~ 547.
- [22] 郭介人, 任秉琛, 张莓, 等. 青海锡铁山块状硫化物矿床的类型及地质特征 [J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊. 1987, (20): 1 ~ 88.
WU Jie-ren, REN Bing-chen, ZHANG Mei, et al. The genetic type and geological characteristics of the XiTieShan massive sulphide deposit, Qinghai [J]. Bull. Xi'an Inst. Geol. Min. Res., Chinese Acad. Geol. Sci. 1987, (20): 1 ~ 88.
- [23] Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits [J]. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 1986, 16 (1): 491 ~ 559.

SEDEX DEPOSIT GENESIS OF THE Pb-Zn DEPOSITS IN THE NORTHEASTERN MARGIN OF LANPING BASIN IN YUNAN: EVIDENCE FROM MINERALOGICAL AND SULFUR ISOTOPIC STUDIES

HUANG Yu-feng¹, CAO Dian-hua¹, WANG Zhi-jun², LI Yi-ke¹, WANG An-jian¹

(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. Hanwang Aoniu Mining Corporation Ltd., Fushun 113001, China)

Abstract: A series of lead-zinc deposits such as Qingdianwan, Caizidi, Jinshantao and so on, which are situated in the Upper Triassic Shizhongshan Formation (T_3s) at the Weixi-Qiaohou fault belt, northeast of Lanping Basin. The genesis studies of these lead-zinc deposits are relatively superficial. In this paper, through detailed field geological survey and studies under the microscope, authors found a large number of typical signs of the synsedimentary deposit such as laminated structure, striped band structure, vein net structure, the soft sedimentary pyrite band structure, strawberry-like pyrite structure, colloidal structure of pyrite, sphalerite concentric structure etc. Sulfur isotopes analysis results of metal sulfide in Qingdianwan deposit are following: $\delta^{34}S$ of pyrite at 3.7‰ ~ 8.1‰, average 5.34‰ ($N = 5$); $\delta^{34}S$ of sphalerite at 5.2‰ ~ 10‰, average 7.18‰ ($N = 5$); $\delta^{34}S$ of galena at 5.2‰ ~ 9.9‰, average 7.275‰ ($N = 4$). It demonstrates that S in the deposit come from deoxidize of sulfate radical in seawater. Combining to the age data of these deposits and the tectonic background, we think these deposits in this area are pertain to Sedimentary Exhalation (SEDEX) genesis which revised the previous viewpoint that these deposits simply controlled by structure.

Key words: Lanping Basin; Sedimentary Exhalative deposit (SEDEX); synsedimentary; mineralogy; sulfur isotope