

花垣李梅铅锌矿集区地质特征及矿床成因探讨

罗 卫¹, 尹 展¹, 孔 令², 戴塔根¹

(1.中南大学地学与环境工程学院,长沙 410083;2.有色金属矿产地质调查中心,北京 100089)

摘 要:李梅铅锌矿集区为湘西北最具找矿潜力的铅锌成矿区,赋存于寒武系下统清虚洞组厚大的碳酸盐岩中。矿化带延伸与藻礁浅滩相带一致。矿体具多层性,呈缓倾斜以整合层带状产出。矿石以锌为主铅锌共生,具有一定分带现象。矿石为微晶状、细晶状及胶状等结构。成矿物质主要来源于藻类及碳酸盐泥对 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 离子的吸取。稳定同位素资料表明,本区铅具有以幔源为主,壳幔混合的特点,硫源主要来自碳酸盐岩系的硫酸盐。矿床成因属于沉积成岩矿床类型,兼有成岩期后矿床性质。找矿应主要沿藻礁浅滩相东延地带进行,结合构造—地球化学分析,以探查隐伏矿床为主。

关键词:沉积相;李梅铅锌矿;矿床特征;湖南花垣

中图分类号: P618.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2009)03-0194-09

湘西北花垣李梅铅锌矿集区为湘黔铅锌矿带北延部分。矿带长达 120 km,宽 10 ~ 20 km,已发现矿床(点)30 余处,探明铅锌储量大于 350 万吨,潜在储量 1 120 万吨以上^[1]。这些矿床(点)主要呈 NNE 向集中分布于贵州铜仁卜口场、松桃、嗅脑和湖南花垣李梅 3 个矿化集中区。李梅铅锌矿集区是湘西北地区最具找矿潜力的铅锌成矿区。

李梅铅锌矿集区长约 20 km,宽约 8 km,自北而南分布着芭茅寨、土地坪(太阳山)、柔先山、李梅、老虎冲等矿床。多年来,湖南地质四 0 五队等通过沉积岩相、成矿规律及矿床成因等专题研究及找矿实践,取得了较好地质成果。本文即是在前人地质工作实践和科学研究基础上,结合多年勘查工作成果,认为区内成矿与藻类生物、细菌等生物作用密不可分,同时成岩期后构造的活化与深部热流活动为区内矿床的再次富集提供了条件,区内矿床主要属于沉积成岩矿床,兼有成岩期后矿床特征。

1 区域成矿地质背景

李梅铅锌矿集区位于扬子陆块东南缘、“江南古陆”西侧的加里东运动中形成的八面山褶皱带内^[2]。早在武陵运动褶皱成陆过程中,即有保靖—铜仁和永顺—慈利两条深大断裂形成,联合构成向 NW 凸

出的湘西北弧形构造带^[3]。它控制着两侧的构造面貌以及它们的成生、发展和演化,控制着两侧地层和沉积建造特点以及区域矿产的展布规律。

本区处在湘西北弧形构造带的北西侧(外侧),在地层和沉积建造上是一个在扬子旋回基础上发展起来的长期沉降单元。自震旦纪以来地台型盖层发育较全,接受了万余米的海相沉积层,均未发生区域变质。下古生界沉积厚度达 4 000 余米,其中碳酸盐岩厚达 1 800 余米,为区域铅锌矿主要赋存岩层。志留纪末的加里东运动导致本区上志留世下泥盆统的广泛缺失,整个武陵山、雪峰山长期隆起,对于下古生界碳酸盐岩的沉积及其铅锌矿床具有重要意义。

区域地质构造以褶皱构造为主,轴线延伸较长,规模较大,呈 NNE-NEE 向斜列展布,组成背斜紧密,向斜开阔的典型隔挡式褶皱,从而控制了区域铅锌矿的分布。在空间展布上,褶皱轴向自南西而北东,由 NNE 逐渐转向 NE,乃至 NEE。断裂构造一般不发育,多伴随褶皱而生,其走向与褶皱轴向一致,断层多为逆断层。

2 矿区地质特征

2.1 含矿岩系及沉积特征

李梅铅锌矿容矿层位主要是下寒武统清虚洞组,厚

收稿日期: 2009-05-29 责任编辑: 刘新秒

基金项目: 国家地质大调查项目: 湖南龙山—保靖铅锌矿评价(200110200022)

作者简介: 罗卫(1977-),男,2005年毕业于中南大学矿产普查与勘探专业,获硕士学位,工程师,现为中南大学博士研究生,主要从事应用地球化学及成矿预测方面的研究, Email: luowei665@163.com。

度 300 ~ 646 m。按碳酸盐岩岩石结构、构造、沉积环境及藻类化石特征,细分为 6 个岩性段($\in_1q^{1-6}$)。矿体主要产于该组中部厚 96 ~ 309 m(平均 202 m)的厚层纯灰岩中。岩石类型以灰岩为主,约占 75%,白云岩占 25%。岩石序列自下而上为泥晶灰岩→富藻灰岩→砂砾屑灰岩→藻鲕盆屑灰岩→白云质(化)灰岩→白云岩,在垂向上呈现出灰岩向白云岩过渡的渐变关系。局部地段含少量陆屑粉砂岩,上部地层中尚见有石膏小透镜体。在白云岩和灰岩中常可见到龟裂纹、交错层、冲刷沟波痕以及扰动构造等多种原生浅水沉积及流动构造。另外尚存在有形态不同的隐藻类,有的在层中还相当集中,具有明显标志,显示了藻类对碳酸盐造岩作用的重要意义。除藻类处,还有其他少量生物,如三叶虫、棘皮类及海绵骨针等。上述特点反映了清虚洞组沉积时本区为一浅水台地环境,由正常海水盆地向咸化盆地过渡。

2.2 相带划分及标志

按岩性、沉积构造和藻化石等特征,清虚洞组可划分为 5 个岩相带^[4],各相带主要特征如表 1 所示。

清虚洞组浅海陆棚 – 潮坪泻湖的碳酸盐盆地

沉积环境模式的相带组合,表明古地理较为复杂,这与早寒武世清虚洞组沉积同时发生的断裂密切相关,此同生断裂沿 NNE 方向延伸,控制着沉积相的形成和分布。

2.3 矿化类型与分布

区内铅锌矿是以锌为主的单一的锌或铅的矿化类型,间或有铅锌共生类型。矿化具有一定的分带现象。藻体壳部附近的碎屑灰岩中主要为铅,次为锌,藻灰岩中主要为锌,次为铅。铅锌从礁后咸化盆地藻礁到浅滩具有明显的分带现象,总的趋势是远离礁相锌逐渐降低,铅逐渐增高,至浅水盆地相则基本上以铅为主。在垂向上其铅锌含量也有一定的差异,一般规律是锌在下部高于上部,铅则上部高于下部,铅锌值自上而下呈递减趋势;这与矿物的生成顺序黄铁矿→闪锌矿→方铅矿一致。上述反映了在矿物组分、沉淀系列方面十分单调、狭窄,仅限于硫化物 – 碳酸盐阶段。

3 矿床地质特征

3.1 矿体空间分布及岩性特征

本区铅锌矿主要赋存于藻灰岩组合中,具有多

表 1 清虚洞组各相带的标志
Table 1 Every facies belt indexes of the Qingxudong formation

岩相	潮坪		台地边缘礁组合			潮下带	
	潮间坪 – 潮上坪	潮间带 – 潮下带	泻湖	藻礁	台地边缘斜坡	浅水陆棚	浅海陆棚
岩性	纹层状白云岩、层纹状白云岩、白云岩、鲕粒砾白云岩	纹层状白云岩、层纹状白云岩、斑块白云岩、白云岩粗-细砂屑亮晶灰岩、核形石鲕粒亮晶灰岩	叠层石灰岩、层纹状灰岩、附枝藻灰岩、藻砂屑亮晶灰岩、亮晶团粒藻团粒灰岩、藻团粒(凝块石)灰岩	藻礁灰岩夹透镜状砂屑亮晶灰岩,藻团粒微晶灰岩,藻薄皮鲕粒亮晶灰岩	斑块状白云岩化砂屑灰岩,亮晶砂屑灰岩,骨屑灰岩,泥质条带微晶藻团粒灰岩	豹皮状白云岩化团粒微晶灰岩,斑纹状泥质条带团粒亮晶灰岩	平均高潮线
						泥质条带微晶灰岩	平均低潮线
沉积构造	干裂、乌眼、膏盐假晶、纹层状	纹层状、叠层状构造、小-中型板状交错层、楔形层理	水平纹层、窗孔结构、透镜体岩层,正粒序层理	骨架构造、块状层理、栉壳结构、窗孔结构	孤立塌积岩块底冲刷面,重力滑动构造,水平层理,沙纹层理	水平层理、沙纹层理	水平层理,小型浪成波痕
生物标志	层纹石,介形虫碎屑	附枝藻,凯内拉藻,叠层石,核形石	附枝藻,葛万藻小波,托麦藻叠层石,层纹石,三叶虫碎屑,介形虫屑,海百合	附枝藻,肾形藻尼科尔森藻,三叶虫海百合茎碎屑	藻屑,三叶虫,介形虫,海百合茎碎屑	三叶虫,碎屑,海百合茎藻团粒,介形虫	三叶虫,海百合茎介形虫
沉积旋回	$\in_1q^{5-6}$	$\in_1q^4$		$\in_1q^3$		$\in_1q^2$	$\in_1q^1$

层性,其成矿部位多达12个,集中成矿部位也有5~7个。矿体均产于藻灰岩最发育的相带内,尤其是厚度最大的地带。湖南省地勘局四〇五队1991年对区内藻灰岩52个样品岩石化学分析^①表明,该类矿化岩石质地纯净的块状灰岩,平均含CaO 44.02%,MgO 4.14%,SiO₂ 3.78%,Al₂O₃ 1.11%,尤其是其中的藻灰岩,CaO含量高达53.43%,SiO₂+Al₂O₃仅1.2%;所含方解石纯度很高,一般达98%左右,几乎无陆源石英碎屑,其主要氧化物比值计算结果,均属正常海相沉积岩^[5]。由于该类岩石化学性质活泼,岩石原生孔隙及次生裂隙均较发育,而利于矿液渗透和充填交代。这在一定程度上说明,区内的成矿受岩石的物理化学性质控制。

3.2 矿床构造

矿床构造主要为 NNE-NE 向褶皱构造,自北而南为桂花树-吉筒坪背斜,太阳山-龙潭向斜,峰塘-老寨(李梅)背斜,长 10~15 km,呈 NNE-NE 向,斜列相间分布(图 1),具有一定的等距性(间距约 1~2 km),正常岩层倾角 10~15°。其间受次级 NW 向褶皱叠加,形成一系列 NW 向横跨褶皱,如铅厂-土地坪-白岩半背斜,吉筒坪-卡棚半背斜等。该类横跨褶皱构造对矿床的定位空间与矿化富集起着重要作用。断裂构造主要为 NE-NEE 向压扭性断裂,与成矿关系不明显,一般起着控制矿床边界的作用,但其派生的低序次褶皱,断裂裂隙对矿化的局部富集则十分重要。

3.3 矿体形态产状

矿体形态可分为缓倾斜整合层带状、似层状-透镜状和非整合型陡倾斜脉状、不规则

状,其中以前者为主,矿体与围岩无明显界线,常有分枝、复合、尖灭再现等现象。以土地坪矿床为例(图 2),矿体走向长度 600~1500 m,倾向延深 200~600 m,平均厚度 2.45~4.34 m,平均品位:Pb 0.36%~1.0%,Zn 1.59%~2.56%;透镜状矿体长 300~700 m,倾向延深 100~350 m,平均厚度 2.93~4.58 m,平均品位:Pb 0.97%~1.20%,Zn 0.61%~2.14%。非整合型矿体包括沿构造裂隙充

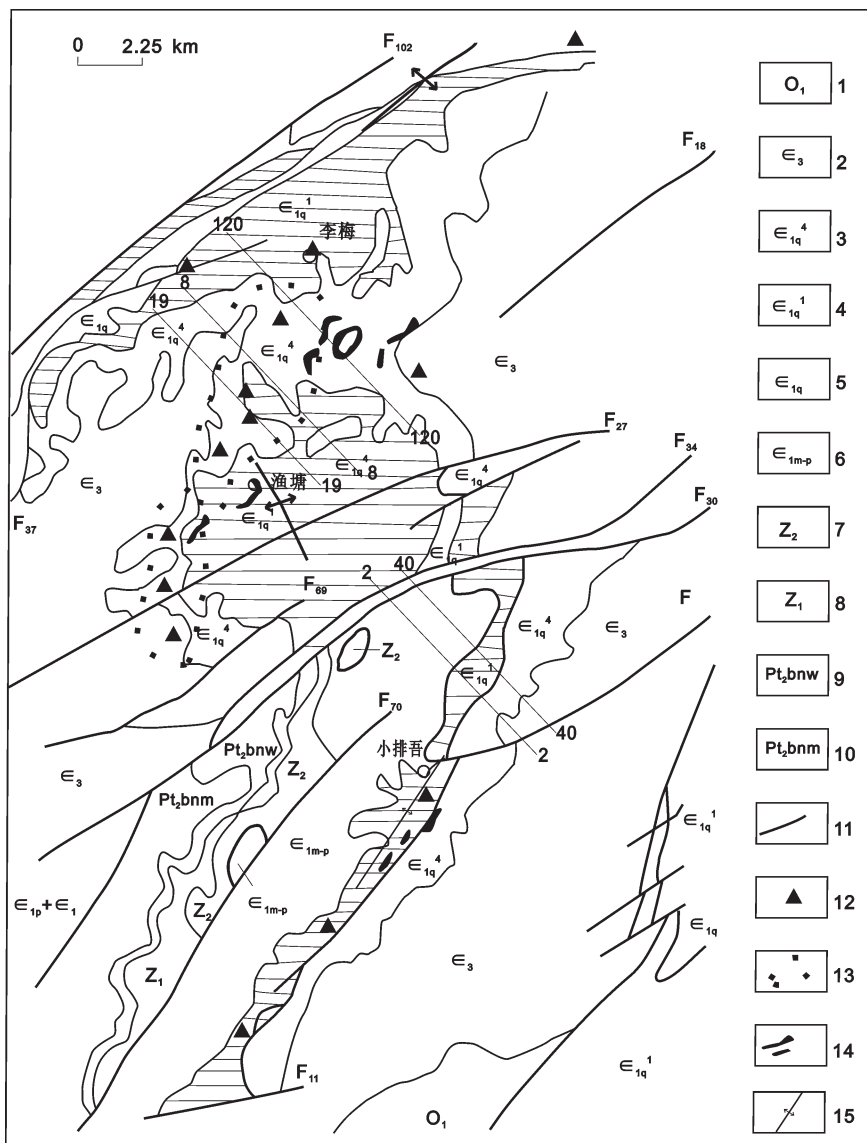


图 1 李梅铅锌矿化带地质略图(据湖南地质四〇五队^①)

Fig.1 Geological sketch of Limei Pb-Zn mineralized belt

(from 405 team of Hunan bureau of geology)

1.下奥陶统;2.上寒武统耗子沱群;3.下寒武统清虚洞白云岩段;4.下寒武统清虚洞灰岩段;5.下寒武统杷榔组;6.下寒武统牛蹄塘组;7.震旦系上统;8.震旦系下统;9.板溪群五强溪组;10.板溪群马底驿组;11.断层;12.矿床矿化中心;13.铅锌矿体露头;14.隐伏矿体矿化范围;15.背斜

^① 彭国忠. 湖南省花垣、渔塘矿田铅锌矿富矿成矿规律及其预测科研报告. 湖南省地勘局四〇五队, 1991.

填的脉状、囊状、筒状和其他不规则状矿体,与围岩界线明显,矿体规模小。一般长 250 m 左右,延深 20 ~ 60 m, 厚度 1 ~ 3 m, 平均品位: Pb 3.99% ~ 4.24%, Zn 5.57%。

3.4 矿石类型及结构构造

矿石是以锌为主的铅锌矿石。Pb/Zn 值一般 0.35 ~ 0.56, 少数 0.83 ~ 1.59。矿物组成简单, 矿石矿物为闪锌矿和方铅矿, 以闪锌矿为主, 这两种矿物都具有晶粒粗大及自形程度较高的特点, 其次为黄铁矿, 极少量的白铁矿、脆硫锑铅矿等。非金属矿物以方解石、白云石为主, 少量沥青、萤石、重晶石。方铅矿有 2 个世代^[5]存在于两种结构中: 1) 第一世代方铅矿呈他形隐-微粒状, 与泥晶方解石一起组成不规则状或近于圆形的藻团粒, 第二世代方铅矿呈他形粒状, 粒度较粗, 零星浸染于藻团粒之间的亮晶方解石中, 一般与第二世代亮晶方解石关系较为密切; 2) 第一世代方铅矿呈他形粒状被包裹于方解石鲕粒核心部分, 第二世代方铅矿呈他形粒状分布于鲕粒之间的亮晶方解石中, 较第一世代方铅矿粒粗。

闪锌矿亦有多世代性。早期闪锌矿呈淡黄色微粒状, 与隐微粒方铅矿一起呈团粒状或零星浸染于藻团粒灰岩中, 或与黄铁矿一起充填于缝合线中或近旁, 可能为成岩期产物; 晚期闪锌矿呈半自形-他形粒状, 少量呈等轴粒状, 粒径较粗, 与方铅矿、黄铁矿一起零星浸染于藻灰岩中, 与第二世代亮晶方解石关系密切, 被方铅矿细脉穿插。此外, 尚见闪锌矿沿藻灰岩裂隙充填, 形成脉状, 亦有沿叠层石灰岩中的斑块状方解石周边分布, 形成周边构造, 重晶石脉与藻灰岩交接处偶见同心环带状闪锌矿

密集丛生, 显胶状沉积特征。

矿石具他形隐-微粒状结构, 他形-半自形晶粒状结构, 少量见交代结构。矿石构造有浸染状、细(网)脉状构造、周边构造及脉状构造等。

4 矿床地球化学

4.1 成矿流体特征

以液相包裹体为主, 仅 1 件闪锌矿见 NaCl 子矿物, 故包体溶液含盐度较高。方解石中, 包体一般无色, 闪锌矿包体为淡黄色, 以少而小为特点, 大小仅 3 ~ 5 μm , 多为他形, 也有长方形和正方形。包裹体分布零散, 气液比随温度增高而增大, 为 10% ~ 25%。无论是晶粒粗大的方铅矿或显微粒状方铅矿, 其 $\alpha < 0.001 \sim 0.007$, 晶形大小均受限于孔隙, 而呈填隙结构, 说明成矿作用的形式主要是以孔隙充填为主, 交代为次。包裹体均一测温结果显示, 早期产于深埋阶段的压溶缝合线中的闪锌矿 85 ~ 60 $^{\circ}\text{C}$, 晚期构造热液阶段闪锌矿 140 ~ 115 $^{\circ}\text{C}$; 早期粗粒方解石 130 ~ 85 $^{\circ}\text{C}$, 后期方解石 260 ~ 215 $^{\circ}\text{C}$; 最佳温度为 230 ~ 75 $^{\circ}\text{C}$ 。爆裂温度: 方铅矿 380 ~ 250 $^{\circ}\text{C}$, 闪锌矿 305 ~ 290 $^{\circ}\text{C}$, 表明其形成温度较高但大多为中低温度^[6]。另据邻区同层位、同类型的嗅脑、卜口场矿床闪锌矿-方铅矿矿物同位素平衡温度计算结果, 成矿温度为 200 ~ 135 $^{\circ}\text{C}$ ^[7], 与包裹体测温一致, 均为中-低温度。

4.2 铅同位素地球化学

据 24 件普通铅同位素样品分析结果, 李梅铅锌矿铅同位素组成变化较大, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.067 ~ 19.315, 平均 17.96; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 14.240

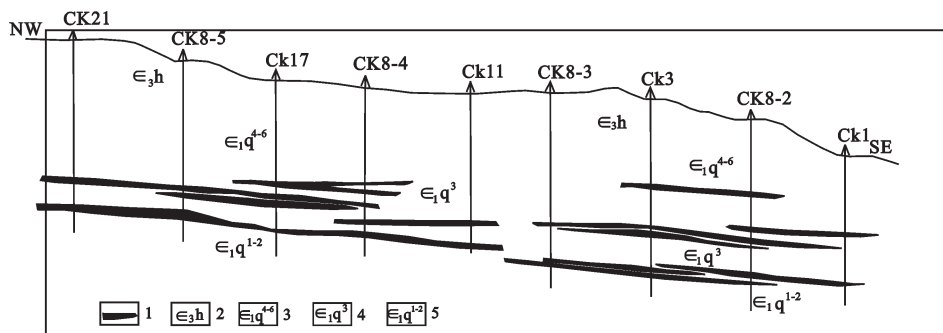


图2 土地坪铅锌矿床8号剖面示意图(据湖南地质四0五队^①)

Fig. 2 Profile sketch of Tudiping Pb-Zn deposit (from 405 geological team of Hunan Bureau^①)

1. 铅锌矿体; 2. 耗子沱群; 3. 清虚洞组碎屑灰岩及白云岩; 4. 清虚洞组含藻灰岩; 5. 清虚洞组豹皮状泥晶灰岩

^① 彭国忠. 湖南省花垣、渔塘矿田铅锌矿富矿成矿规律及其预测. 湖南省地勘局四0五队, 1991.

~ 16.512, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 34.360 ~ 41.913, 平均 38.29, 变化率分别为 11.63%、7.7%、18.024%, 以富含放射性成因铅为主。在卡农铅同位素演化图上绝大部分落在正常铅范围内, 说明本区是以正常铅为主, 伴有少量异常铅。

由 B.R.Doe (1974) 计算常数求得的源区特征数频率图可知, 区内李梅等铅锌矿的 μ_m 值为 8 ~ 10, 峰值为 9.1 ~ 9.2; K 值为 3.8 ~ 4.8, 峰值为 4.1 ~ 4.2; 与 Doe (1974) 特征参数比较, 李梅铅锌矿主要为地幔铅。在 B.R.Doe-B.E.Zortman (1979) 铅构造模式图中, 亦以幔源铅为主, 次为造山带

铅(图 3)。经对比发现:落在造山带铅平均增长曲线附近的铅是壳幔混合的结果。李梅铅锌矿的异常铅线,亦反映了来源于大陆花岗质基底的放射性成因铅在成矿前及成矿过程中脱离 U-Pb 体系与幔源混合成矿^[7]。因此,本区铅具有以幔源为主,壳幔混合特点。

4.3 硫同位素组成特征

本区硫主要以金属硫化物形式产出,分布于方铅矿和闪锌矿中。根据 13 件硫同位素样品分析结果, $\delta^{34}\text{S}$ 为 $20.30 \times 10^{-3} \sim 31.33 \times 10^{-3}$, 平均值极差 11.03×10^{-3} , 标准差 17×10^{-2} , 以富含重硫为主(表

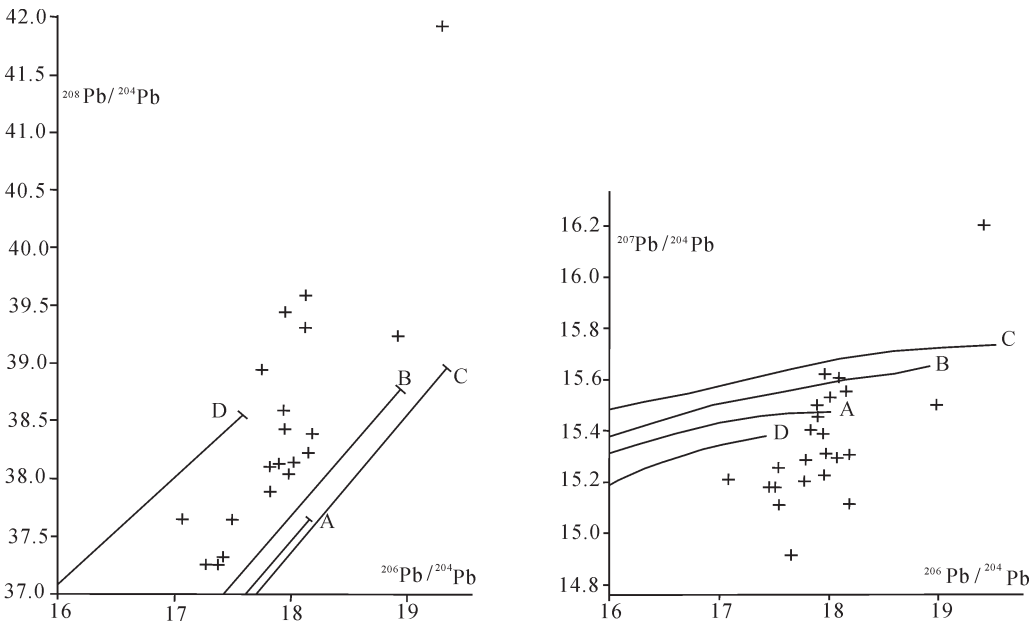


图 3 李梅铅锌矿集区方铅矿铅同位素组成图解(底图据 Doe et al,1979)

Fig. 3 Lead isotope composition of galena in Limei Pb-Zn deposit (from Doe et al.1979)

铅同位素平均演化曲线:A.上地幔; B.造山带; C.上地壳; D.下地壳

表 2 硫同位素组成测定结果

Table 2 Test data of the sulfur isotope

矿床	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}(\times 10^{-3})$		资料来源
		变化范围	均值	
湘西李梅	黄铁矿 ⁽¹⁾		25.7	湖南省 四 0 五队 ^①
	方铅矿(6)	22.46 ~ 26.37	25.22	
	闪锌矿 ⁽⁶⁾	20.30 ~ 31.33	28.35	
黔东卜口场	方铅矿(4)	20.95 ~ 24.93	22.29	李宗发 ^[7]
	闪锌矿 ⁽⁴⁾	24.39 ~ 29.31	27.84	
黔东嗅脑	黄铁矿(3)	26.30 ~ 29.90	27.53	
	方铅矿(4)	19.10 ~ 28.50	21.91	
	闪锌矿(3)	28.00 ~ 28.50	28.23	

括号内数字为样品数;①彭国忠. 湖南省花垣、渔塘矿田铅锌矿富矿成矿规律及其预测科研报告. 湖南省地勘局四 0 五队,1991.

2)。其硫源无疑与寒武系厚大的碳酸盐岩层中的硫酸盐有关。在硫同位素组成图上呈分散分布,这是海水硫酸盐同位素组成特征,说明矿床为沉积成因。

从黄铁矿-闪锌矿与闪锌矿-方铅矿矿物对 $\delta^{34}\text{S}$ 差值($\Delta_{\text{py-sp}}$ 与 $\Delta_{\text{sp-gn}}$)计算结果分析,由于 $\Delta_{\text{py-gn}}$ 偏高且方铅矿生成较晚,因此不符合硫源硫酸盐封闭体系的瑞利分馏特点,为减少矿物间平衡分馏等作用对硫同位素组成的影响,采用闪锌矿硫同位素组成探讨该区铅锌矿硫同位素特征,计算结果,黄铁矿-闪锌矿对的 $\Delta_{\text{py-sp}}$ 为负值,即黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值小于闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值。显然,这是一种异常情况,这与各矿物沉淀时序中,硫源硫酸盐的供给情况、温度和pH值的变化有关。硫同位素组成特征表明^[8],本区铅锌硫化物是形成在一个硫酸盐开放的体系中,成矿过程是一个逐渐降温和PH值显著升高的过程,故形成在后的闪锌矿较富重硫。

4.4 氧同位素组成特征

氧同位素测定结果,矿石中2种方解石 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 均为 -9.49×10^{-3} ,另一件为 -16.92×10^{-3} ,灰岩中团块状方解石与层状灰岩的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 值为 $-9.89 \times 10^{-3} \sim -9.55 \times 10^{-3}$,平均 -11.07×10^{-3} (5件)。与寒武纪地层的氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 大约变化在 $-5 \times 10^{-3} \sim -15 \times 10^{-3}$ 之间大体相当,可以认为李梅成矿溶液主要为“地层水”。

此外,1件方解石的碳同位素测定结果^[9], $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 -0.57×10^{-3} ,亦系海相沉积岩 $\delta^{13}\text{C}$ 的正常范围,表明含矿溶液中的硫酸盐来自围岩本身。

5 矿床成因讨论

本区位于扬子陆块东南缘。武陵运动后,本区即转入稳定型沉积阶段。从震旦、寒武纪开始,在同生断裂控制的具走滑性质的盆地内,沉积了以碳酸盐为主的巨厚沉积层,并接受了来自古陆风化搬运、海水生物吸附、碳酸盐软泥有机缔合与吸附等作用聚集的 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 成矿元素,沉积了含矿的泥状物质,随即遭受覆盖。在与细菌作用下形成的 S^{2-} 结合,逐渐沉积固结,此阶段在 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 的集中沉淀过程中,化学和生物化学作用以及元素的沉积交代作用可能是沉积成矿的主导因素。其成矿物质的沉积严格与地层层理平行,矿化层具粘结结构、胶状结构等,成矿完全受岩相控制。

在成岩作用过程中,矿源层和地层一起经受成岩作用,因细菌对有机质的作用,氧逸度的降低,改变了介质条件,引起同生沉积的矿层发生了重结晶,矿物的化学成分发生变化,出现了区别于同生沉积的矿石结构和构造,矿体形态产状也发生了一系列变化,其成岩阶段形成的矿质聚集体,即似层状-透镜状矿体,一般可切穿层理,但不穿过层面。矿石为细晶状、晶粒状,成矿受岩相控制,这也是区内层状矿体的产状特征。

成岩期后阶段,因埋藏深度、温度、压力的增高,外来成矿物质的带入成为主要因素,表现为矿体不仅穿过层理,而且也穿过层面,形成脉状及不规则状矿体。矿体中蚀变交代作用明显,交代结构发育,矿石具细粉晶结构,成矿受岩相和构造双重控制。这是区内某些铅锌矿体并不一定产在藻礁相中的原因。

本区在铅锌沉积成岩成矿作用过程中,生物起了重要作用,矿床中不但有丰富的藻类化石存在,矿体与围岩中都有大量藻团粒或藻砂粒,并且在高倍显微镜下,可见粒状方铅矿产于藻团粒中,方铅矿团粒由千百颗微晶单体方铅矿组成,这种微晶体方铅矿是同生沉积-成岩阶段形成的可靠证据^[4]。此外,在重晶石脉与藻团粒灰岩接触处偶见同心环带状闪锌矿密集丛生,显示胶体沉积特点。

由上述可见,本区铅锌矿的形成与菌藻类生物作用有着直接的关系。早寒武世清虚洞期铅锌矿床所存在的浅水浮游生物,主要发育于波浪作用微弱的潮坪-泻湖地带,可形成低能生物礁。藻类在自营营养中具有吸取其他元素的能力,也就是藻类生物在生活过程中具有成矿作用的能力,这点还可从元素的地球化学性质得到旁证。由元素的离子半径可知 Ca^{2+} 为0.99埃,而半径比 Ca^{2+} 小的离子如 Zn (0.74埃)、 Mn (0.80埃)、 Cd (0.97埃)很易进入三方晶系的方解石构造中;半径比 Ca^{2+} 大的离子如 Ba^{2+} (1.32埃)、 Sr^{2+} (1.12埃)、 Pb (1.24埃),则易进入斜方晶系的文石构造中。美国学者J.H.戴维斯(1977)^[10]在论述密苏里州东南部铅锌矿成因时指出,藻类在低浓度金属的水溶液中对金属有极大的吸收能力,认为丝状蓝绿藻至少可以把铅富集到5000倍。从含量小于 0.2×10^{-6} 富集到大于 1000×10^{-6} 的程度。本区碳酸盐含Pb

$20 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, 平均 33×10^{-6} , Zn $87 \times 10^{-6} \sim 410 \times 10^{-6}$, 平均 134×10^{-6} , 据此推算成矿能力相当可观。可见本区铅锌矿的富集与菌藻类生物密集关系绝非偶然。

6 成矿因素与找矿方向

6.1 沉积相与成矿关系

李梅铅锌矿集区诸矿床均受一定地层层位控制,并与岩相古地理有关,尤其与藻礁相关系密切,矿带沿藻礁相延伸(图4)。矿化带延伸与藻礁相一致。探采资料表明,藻礁相中的矿体多呈缓倾斜整合层带状,与围岩产状基本一致,形态较规则,分布稳定。浅滩相中的矿体多呈透镜状,形态较复杂,矿体规模较小。浅水盆地中的矿体呈囊状、透镜状及脉状、不规则脉状等,而咸化盆地中则无矿体存在,无论产于哪一相带的矿体,其含矿岩系厚度愈大,

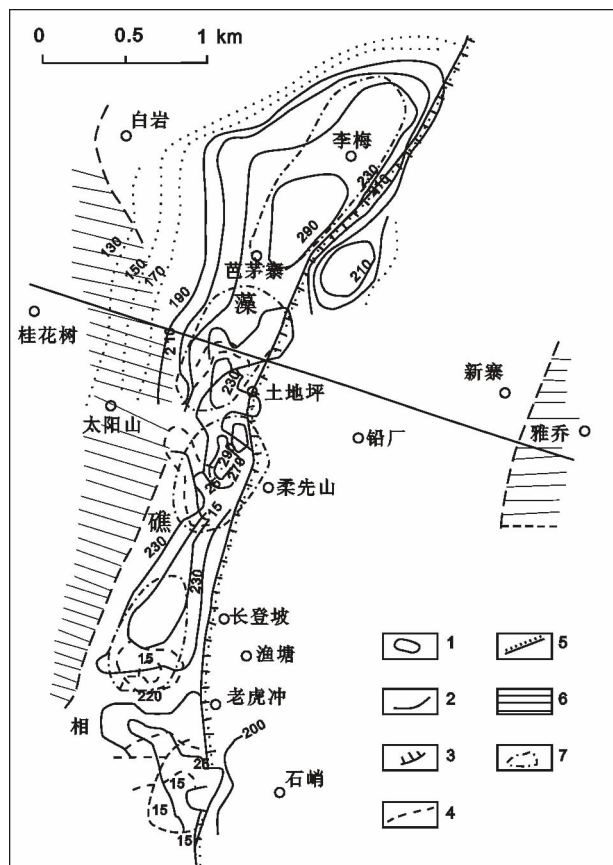


图4 李梅铅锌矿清虚洞组 $\epsilon_1 q^3 - \epsilon_1 q^6$ 等厚线及岩相示意图

Fig.4 Isopach and lithofacies map of $\epsilon_1 q^3 - \epsilon_1 q^6$ member Qingxudong Formation in Limei Pb-Zn deposit belt

1. 岩层等厚线; 2. 矿层等厚线; 3. 咸化盆地相; 4. 藻礁相; 5. 浅滩相; 6. 浅水盆地; 7. 矿体范围

铅锌成矿与岩石组合、岩性之间的关系密切。本区许多较强的铅锌矿化均与岩石化学成分和物理性质及上覆屏蔽层有关。即岩石化学成分极纯,原生孔隙、后生裂隙发育的高渗透性藻灰岩和其他粒屑灰岩、白云岩等,都是成矿的有利岩性。此处,藻灰岩四周的围岩均为塑性很大的隔水层,有利于矿液储集。相反,化学成分不纯,岩层塑性大,孔隙、裂隙不发育的岩石,只有微弱矿化或者根本没有矿。从而出现某些地段藻灰岩没有矿,而不含藻灰岩的岩石反而有矿的现象。据主要勘探线剖面统计,有85%的铅锌矿产于海绵状亮晶藻团粒灰岩、藻屑灰岩中,而更典型的葛万藻海绵状灰岩、灌木藻灰岩中的矿化机率反而较少。这在一定程度上说明藻灰岩控矿,也是岩石物理化学性质控矿。

6.2 构造与成矿关系

本区铅锌矿除了岩相古地理控矿外,成岩期后的成矿作用与构造关系十分明显,除了那些直接产于构造裂隙中的各种非整合型矿化外,就是最典型的层状矿体,有的也与构造有关,如太阳山矿床,矿体规模最大、最密集的地段,正是本区叠加在NE向构造之上的NW向横跨褶皱地段,另一个NE向较富的矿体也是直接受向SEE倾伏的背斜和断裂控制。由此可见,本区成矿期后构造作用是形成富矿体的重要因素之一。这类矿体既有层状特征,又有呈脉状形态产出者。

6.3 围岩蚀变与成矿关系

本区围岩蚀变总体较弱,但大凡见到矿化的地段均伴有不同程度的褪色重结晶、碳酸盐化、重晶石化等,不过这种蚀变既有沉积成岩阶段的,也有成岩期后的。相反,在没有蚀变的岩石中,根本没有矿化,或者只有微弱的铅锌矿化。大量岩石化学分析表明,随着蚀变的发生,岩石的化学成分发生了一系列变化,可以作为成岩期后构造热液作用标志。

6.4 找矿方向

李梅铅锌矿化带成矿集区带位于区域性摩天岭穹隆背斜构造的北西翼,其间发育的一系列次级舒缓褶皱构造是成矿的主要构造形式。构造方向与控矿岩相带延伸方向一致,为NE向。从沉积成岩成矿观点来看,矿床与容矿地层形影相随,本区铅锌矿化带主要赋存于清虚洞组一定相带中,这是找矿的先决地质条件,因此,区域找矿首先应沿清虚洞期台地边缘藻礁浅滩相带中查找。从区域相带分布

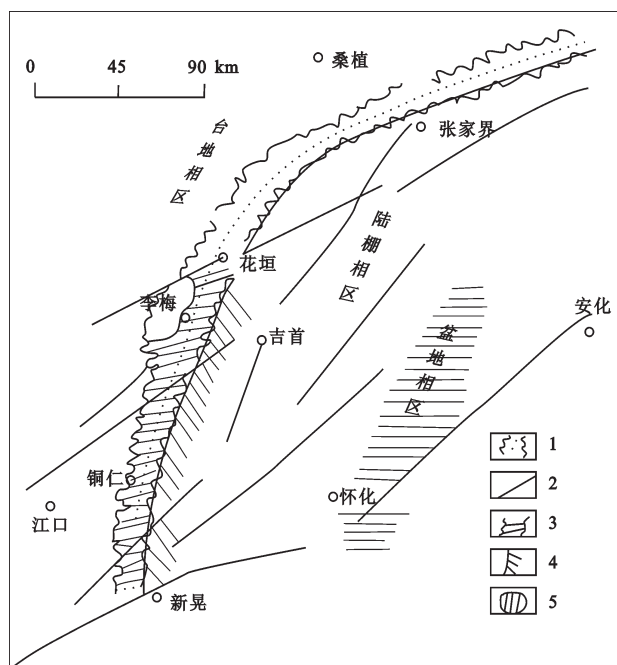


图5 李梅铅锌矿集区与岩相分布略图

Fig. 6 Distribution sketch map off Pb-Zn deposit belt and lithofacies

1.台地边缘藻礁浅滩相带; 2.区域性断裂; 3.区域铅锌矿化带; 4.区域汞矿化带; 5.鱼塘铅锌矿

来看(图5),花垣以北至张家界一线应为区域找矿的主要地区,该地区既是藻礁浅滩相带向NEE方向延伸地区,又是湘西弧形构造顶部位,岩相构造条件均十分有利。

7 结论

李梅铅锌矿的早期,随扬子陆块被动边缘受同生断裂控制走滑盆地的形成,Pb、Zn壳源物质进入还原水体或封存于海水的集中和沉淀过程中,藻类生物对Pb、Zn的直接吸取,起着富集剂的作用,使容矿地层(清虚洞组)中Pb、Zn背景值增高,沉积了含矿的泥状物质(矿源层),通过岩相结合达到早期沉积阶段的聚矿作用,沿着扬子陆块东南缘大面积分布。在成岩过程中,随着地层的深埋,增温的封存热卤水作用下,使同生沉积的矿泥发生了重结晶及矿物重新组合,在厌氧海相沉积物中,细菌将硫酸盐还原为 H_2S , H_2S 与 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 等离子反应形成硫化物沉淀,于有利的岩相部位形成了整合型层状、透

镜状铅锌矿体。在加里东晚期,随着同生断裂的复活和受深部热流的驱动,上升的幔源Pb、Zn及萃取的壳源物质,进入具有孔隙度大的礁相、浅滩相,沿有利构造和岩性部位成矿或叠加富集,使贫铅锌矿富集,并形成脉状及不规则状矿体。区内矿床主要属于沉积成岩矿床,兼有成岩期后矿床特征。

矿床地质特征及岩相古地理条件等资料表明,本区是湘西寻找以锌为主铅锌矿最具找矿潜力地区。应根据岩相特征、含矿岩系厚度,结合构造(尤其是叠加在NE向构造的NW向横跨褶皱)等综合分析,通过编制地表岩层走向线图研究NW向构造等方法,有效开展隐伏矿床的找矿工作。

致谢:成文过程中,参考和引用了湖南省地矿局四〇五队和湖南省有色地质勘查局二四五队有关勘查资料,特此说明并致谢。

参考文献:

- [1] 杨绍祥,劳可通.湘西北铅锌矿床的地质特征及找矿标志[J].地质通报,2007,26(7):899-908
- [2] 刘文均,郑荣才.花垣铅锌矿床成矿流体特征:及动态[J].矿床地质,2000,19(2):173-181
- [3] 张攀华.论江南地轴北西缘在湖南的边界[J].湖南地质,1984(2):57-64
- [4] 孙玉娟,林文球,周振冬.湖南花垣早寒武世清虚洞期藻化石、沉积环境及与成矿的关系[J].成都地质学院学报,1985,(1):52-58.
- [5] 包正相.试论湘西汞铅锌矿床地质特征及其成矿作用[J].地质与勘探,1983,(5):15-21.
- [6] 王育民,朱家鳌,余琼华.湖南铅锌矿地质[M].北京:地质出版社,1988,242-260.
- [7] 李宗发.湘黔边境铅锌矿带硫铅同位素组成特征[J].贵州地质,1992,9(3):246-254.
- [8] 地矿部地矿局南岭铅锌矿专题组.南岭地区铅锌矿床成矿规律[M].长沙:湖南科学技术出版社,1985,152~160.
- [8] 王华云.贵州铅锌矿的地球化学特征[J].贵州地质,1993,10(4):272-290.
- [9] 杨绍祥,劳可通.湘西北铅锌矿床碳氢氧同位素特征及成矿环境分析[J].矿床地质,2007,26(3):330-340
- [10] 金中国.黔西北地区铅锌矿控矿因素、成矿规律与找矿预测研究[D],博士学位论文,长沙:中南大学,2006,79-101

Discussion on the Geological Features and Genesis of the Limei Pb–Zn Ore Concentration Belt in North–western Hunan Province

LUO Wei¹, YIN Zhan¹, KONG Ling², DAI Ta-gen¹

(1. The College of Geology and Environmental Engineering, Central South University, Changsha, 410083, China;

2. China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing, 100089, China)

Abstract: Limei Pb–Zn deposit shows great potential exploration in the north–western Hunan area. It is located in the carbonate rock of the Qingxudong Formation of the Lower Cambrian, and mineralization extending along the algae reef bank facies belt. The ore–bodies have multilayer with mild dip, conformable bedding. The mineralization is mainly Zn coexisting Pb element, exhibiting zoning, microcrystal, finecrystal and gel–like texture. The ore–forming materials come from Pb^{2+} and Zn^{2+} ions absorbed by the algae and carbonated mud. The stable isotope data indicate that the Pb from mantle in the crust. The S is mainly from the sulphate of the carbonate rock series. Therefore the mineralization type characterized by sedimentation–diagenesis deposit and post–diagenesis type. The further prospecting should focus on the eastern extending part of the algae reef bank facies belt to search for the concealed deposit.

Key words: sedimentary facies; Pb–Zn deposit; deposit feature; genesis; prospecting

科技论文参考文献的要求

参考文献对论文来说是非常重要的一部分。虽然不是参考文献越多越好,但是从文章所列出的参考文献来评价本文的水平,往往能给出比较准确的答案。

简单地说,地质调查期刊论文最好能有下列 4 类参考文献: 1) 被调查地区的前人研究资料,了解该区研究现状,找到本次工作的创新目标; 2) 调查工作中现行的新技术、新方法和新理论,避免简单的重复工作; 3) 本研究领域(对于地质研究论文来说,主要是相邻地区即区域上)的成功经验和取得的成果,用于对比研究和成果的衔接,分析和研究整个领域(或区域上)的相关问题; 4) 国内外相似地区和典型地区的资料,用于对比分析,把握全球性的地质发展和演化规律。

目前,国外文章的参考文献一般很多,有的综述性文章上百篇不止。国内的较少,但最好不要低于 10 篇。上述的第一类参考文献可在前言和区域背景加入,免去许多赘述;第二类多用于正文中;第三类和第四类则一般出现在文章的讨论和结论部分。

(刘新秒)