

黄石铅锌矿田地质地球化学特征及其成因

王焕章

(有色总公司北京矿产地质研究所)

概述了湖北黄石铅锌矿田的地质、微量元素、稳定同位素和矿物包裹体等特征,提出了该矿田的矿床为同生沉积—热卤水改造成因及找矿方向。

关键词 铅锌矿床 地质地球化学特征 同生沉积—热卤水改造

地质概况

本区位于扬子准地台褶皱带西端,咸宁—大冶断陷盆地黄石中—新生代凹陷盆地中,是黄石—广济铅锌(银)成矿带的重要组成部分。区内地层零星出露,主要有古生代海相碳酸盐岩建造,海陆交互相含煤建造及中生代滨浅海—泻湖—陆相含膏盐碳酸盐岩—碎屑岩建造。其中,三叠系大冶群白云岩、白云质灰岩、灰岩及其角砾岩为主要赋矿围岩。铅锌矿(化)体受层(T_1dy^{4-6})、相(泻湖—湖坪相)、位(北西、东西向断裂与背斜核部及层间破碎带交汇部位)控制明显,与岩浆岩关系不密切。迄今为止,矿田乃至矿带范围内,仅见呈披盖状侵位的石英闪长玢(斑)岩,其U-Pb法、K-Ar法年龄为98~114Ma。

呈层状、似层状,少数细脉状产出的铅锌银矿体基本上与围岩同褶皱。东部以铅锌硫化物为主,伴生Au、Ag、Cd、In、Ga等有益组分;西部则以天青石、重晶石为主,伴有少量的铅锌硫化物。剖面上部富Zn(1.08~8.0%)、贫Pb(1.0~1.62%);下部则富Pb(0.56~7.74%)、Zn(1.0~6.78%)、Ag(127~198g/t)、Au、Ga、In等。

矿石具星点状、浸染状、脉状—网脉状、层纹状、鲕状、角砾状构造,他形—半自形粒状结构、交代结构、胶结结构和同心圆胶状结构。主要矿物有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、天青石、重晶石、石英、萤石等。

矿床地球化学特征

1. 微量元素特征

从已有分析数据统计结果来看,大冶群第4~6岩性段主要成矿元素具明显的富集特征: Pb49~870、Zn20~994、Ag0.1~2.87、Cu8~17.67、As1.12~64.37、Ba12.5~290、Sr70~1600($\times 10^{-6}$)。富集系数多达几至几十倍,甚至更高。其中, Pb、Zn、Mn、Ba、Ti、Sr等元素呈稳定的组合(相关系数 $r=0.85$)。表1可见,自矿带围岩→矿田围岩→矿体顶底板围岩→矿体, Pb、Zn、Ag含量渐增,矿体与围岩间含量呈突变关系。自东而西 Pb、Zn(Ag、Au)→Zn(Pb)→Sr、Ba有明显的分带。

表1 主要成矿元素含量对比表(10^{-6})

元素	矿体	顶、底板围岩	矿田围岩	矿带围岩
Cu	16~925	/	14.59~34.36	8~17.67
Pb	0.56~7.74%	249.26~500.03	9.54~23.61	49~870
Zn	1.0~8.0%	571.96~1286.63	170~200	20~994
Ag	19.2~227.5	<0.5	<0.5	0.1~2.87
Ba	180~90000	>10000	200~1000	12.5~290

本文1992年5月收到,1992年11月改回,李春兰编辑。

矿石中闪锌矿的主要成分变化小,但微量元素变化较大。如 Zn64.29~66.09%、S31.94~32.98%; Fe0.09~1.29、Cd0.31~0.79、Ga0.00~0.23、In0.04~0.17、Sb0.07~0.30、Te0.03~0.42、Cu0.00~0.16、Ag0.00~0.24%。Zn/Cd83.66~210.66、Ga/In<0.05~3.75、Fe/Cd0.11~3.18、Sb/Te0.71~8.33、Cu/Ag0.2~2.3。早期浸染状闪锌矿 Fe、Cd、In、Sb、Te、Cu 含量较高,为浅黄色、浅棕色、颗粒细小(<0.056mm),呈自形、透明一半透明,反射率 18.70%,晶胞参数 5.409Å,显微比重 4.18g/cm³,维氏硬度 228kg/cm²;晚期脉状闪锌矿则是 Fe、Ag、Ga 含量高,呈褐色、黑色,粒粗(0.965~0.542mm)、半透明一不透明,反射率为 15.80~18.34%,晶胞参数 4.11Å,显微比重 4.203,维氏硬度 212~232kg/cm²。由此可见,本区闪锌矿具有明显的沉积、改造双重特征(叶庆桐,1985;宋学信,1985;李徽,1986;余琼华,1988)。方铅矿中 Pb 含量为 83.42~86.05%,S 13.04~13.32%、Ag310.5~2500、Sb370~16800、Bi6、Cu1193~6400×10⁻⁶、Pb/Ag×10⁻⁴=0.034~0.275。在 Pb~lnAg、lnSb~lnBi(张乾,1987)图上,多数落入沉积—改造型区内,仅个别点投到火山岩型区。与早期闪锌矿、方铅矿共生的黄铁矿的 Co/Ni、Se/Te 比值分别为 0.333~0.791,0.056~0.472,S/Se×10⁴为 31~534,具沉积黄铁矿的特征。此外,据微量元素因子分析结果,铅锌矿石中 12 个元素可分为沉积和热液两个因子(表 2)。其中 F₂ 的 Pb、Ag、Ba、Au、Mn 具

表 2 矿石组分因子分析结果表

因子	正交旋转	斜交旋转	地质解释
F ₁	Zn、Ga、S(Ag)	Zn、Ga、S(Ba)	典型热液因子
F ₂	Pb、Ni、Ag	Pb、Ni、Ag、Au	早期硫化物阶段
F ₃	Sr、Ba、Mn	Sr、Ba(Mn)	晚期硫酸盐阶段
F ₄	Co、Ni、Mn、Pb、Au	Co、Mn、Ba、Au	典型沉积因子
F ₅	Cu	Cu(Pb)	热液因子

明显的双重特征。综上所述,本区成矿元素经历了沉积预富集和热液改造再富集两个主要的成矿期。

2. 稳定同位素特征

从 13 件样品铅同位素测试结果来看,黄石铅锌矿田铅同位素组成稳定,变化范围小,均属于正常铅范围,其 ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=17.700~18.528, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.463~15.685, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=37.870~38.978, 源区特征值 μ9.264~9.804, ν0.128~0.134, ω35.432~40.995, k3.702~4.047。从图 1 可见,绝大部分铅落入深海沉积物铅区(Ⅲ)或克拉通化铅区(Ⅰ),仅少数落入大洋火山铅区(Ⅱ)。

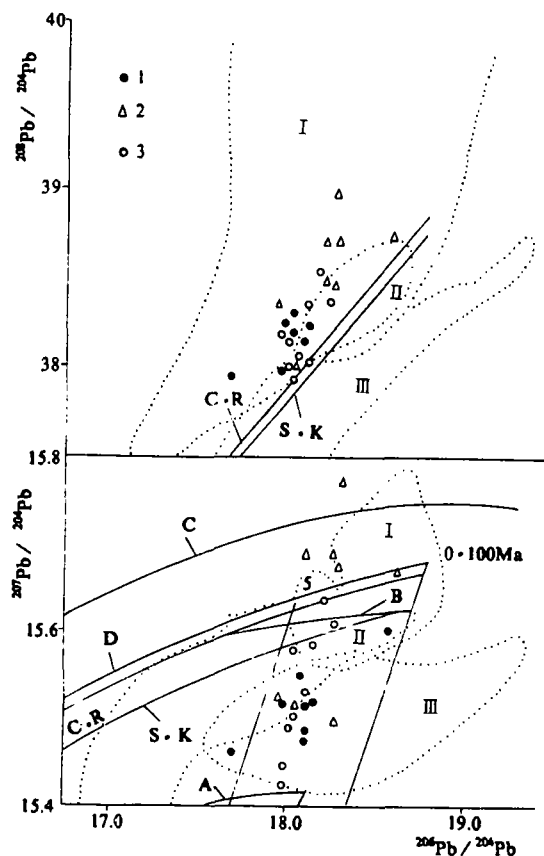


图 1 黄石铅锌矿田铅同位素组成特征图

1—狮子立山铅锌矿, 2—凤梨山铅锌矿(点); 3—湖北湾铅锌矿田

岩、矿石模式年龄相近,一般为 195~394Ma(S.K.),少数达 438~516Ma(S.K.),

相当于中生代。因此,区内铅可能主要来源于三叠纪或古生代地层。这与微量元素提供的物源信息吻合。区内仅有少量铅源于岩浆热液,其模式年龄(52~119Ma)与石英闪长玢岩年龄(98~114Ma)相近。

矿田内硫同位素值变化范围宽,以正值为主(图2),塔式效应不明显。 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-12.94\sim+28.70\%$, 其中 $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}} = -12.94\sim+12.09$ 、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{Sph}} = +3.88\sim+15.61$ 、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{Ga}} = -1.37\sim+11.91$ 、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4^{2-}} = +28.40\sim+28.70\%$, 具有 $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4^{2-}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{Sph}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{Ga}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$ 的反序特征,矿物对硫同位素值计算获得的成矿溶液的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{ss}}$ 值为 $+6.2\sim+12.8\%$ (Pinckney 和 Rafter, 1972), 系细菌还原海水硫酸盐的硫。这与南岭地区沉积—强烈改造矿床的硫同位素特征相似(涂光炽, 1980)。

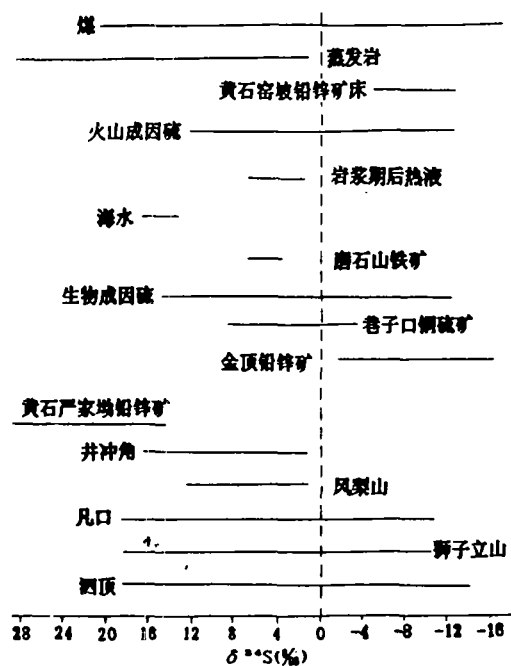


图2 硫同位素组成特征对比图
本区方解石、白云石、菱铁矿的碳、氧

同位素组成比较稳定,变化范围小。 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $+2.10\sim+4.01\%$ (PDB 标准), $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+13.19\sim+24.44\%$ (SMOW 标准)。区内 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显有别于铅锌(银)矿带含矿胶结物及脉状方解石、白云石的 $\delta^{13}\text{C}$, 而与灰岩或白云岩接近。据此,用 Taylor 的水—岩同位素交换反应式,求得水/岩石比值 (W/R) 为 $0.8\sim1.6$ 。这在地质作用中是可行的。因此本区成矿应来自于灰岩或白云岩,即赋矿围岩。区内 $\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$ 为 $+13.19\sim+19.47\%$ (SMOW 标准),用矿物—水平衡法 ($T=423\sim473\text{K}$) 算得成矿溶液 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为 $+0.135\sim+12.30\%$ 。该值与三叠纪海水 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值 ($+23\sim+27\%$, E.T.Degens 和 S.Epstein, 1962) 相差甚远。为了判断物质来源,选用方解石—水同位素分馏曲线方程 $1000\ln\alpha_{\text{方解石-水}} = 2.78 \times 10^6 \times T^{-2} - 3.40$, $T=423\sim473\text{K}$ (O'Neil 和 Taylor, 1969), 和水—岩同位素交换反应式 (Taylor, 1979), 求得一组 $W/R-\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值 (表3)。从表3可见,大气降水、部分岩浆水在地质作用中均有参与的可能性。因此,初始成矿溶液可能主要是掺合部分岩浆水的大气降水。

表3 黄石铅锌矿田氧同位素水/岩比值表

项 目	$\delta^{18}\text{O}_{\text{初水}}(\text{‰})$	水 / 岩石	
		150℃	200℃
大气降水	-7	0.42	0.28
海 水	+23~+27	-0.18~-0.15	-0.25~-0.20
岩 浆 水	+7	-0.81	4.27

注: $\delta^{18}\text{O}_{\text{初岩}}$ 18.43‰ (5个样); $\delta^{18}\text{O}_{\text{末岩}}$ 14.59‰ (4个样); $\delta^{18}\text{O}_{\text{末水}}$ 2.237~7.899‰。

3. 矿物包裹体特征

本区方解石、白云石、石英、重晶石、萤石等矿物包裹体不太发育。多呈稀疏星点状分布,无成群成带排列。矿物包裹体以含气相的液体包裹体为主,少数为纯液体包裹体,未见 CO_2 包裹体及含盐子矿物。矿物包裹体为不规则状、管状、椭圆状,个体小,一般 $2\sim8\mu\text{m}$,闪锌矿、萤石、重晶石

中个别可达 15~18 μm , 气液比均小于 2~8%。矿物包裹体的均一温度为 80~255 $^{\circ}\text{C}$ (11 件)、爆裂温度 265~314 $^{\circ}\text{C}$ (10 件), 分布众数在 120~180 $^{\circ}\text{C}$ 间。矿物包裹体溶液成分主要是 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Li^{+} 、 Sr^{2+} 、 Cl^{-} 、 F^{-} 、 HCO_3^{-} 、 CO_2 、 H_2O 等 (表 4)。 $\text{Na}^{+}/\text{K}^{+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^{-}/\text{F}^{-}$ 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比值变化范围分别为 1.72~13.5, 10.76~17.54、7.1~264、0.026~0.076, 属于 $\text{Ca}(\text{Mg})$ — $\text{Na}(\text{K})$ —

$\text{Cl}(\text{F})$ 型。闪锌矿、重晶石包裹体富 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} , 而方解石、石英、萤石则富 HCO_3^{-} 、 F^{-} 。矿物包裹体总盐度为 5.6~12.97NaClwt%, 密度 0.95~1.03g/cm³, pH 值 6.9~8.2, Eh 值 310.8~335mV (未经压力校正)。依据岩层厚度估计成矿压力为 0.075~0.375kbar。由此看来, 成矿溶液为一偏碱性弱还原的热卤水。成矿初期溶液富含 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} , 晚期则富含 HCO_3^{-} 、 F^{-} 。

表 4 黄石铅锌矿田矿物包裹体成分($\times 10^{-6}$)

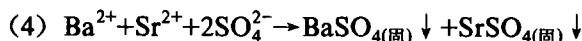
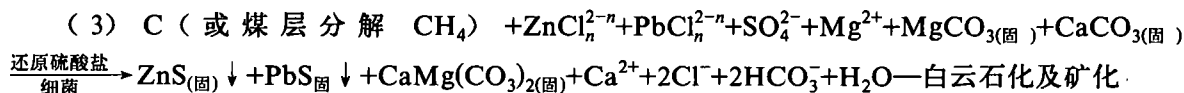
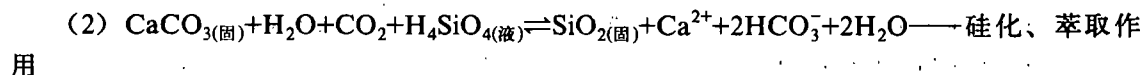
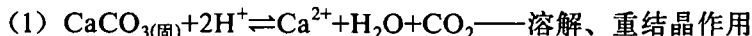
项目	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Zn	Pb	H ₂ O	CO ₂	pH	Eh(mv)
重晶石	2.24	3.86	40.67	3.78	0.665	0.00	26.4	0.00	0.00	0.45	1100	29	6.9	310.8
方解石	1.33	18.03	136.02	7.71	0.172	3.10	22.0	1.50	0.00	0.45	1900	145	8.2	335.8
硅质岩	3929	2526	3368	702		0.00	14034				813957	150722		
硅质岩	4892	1295	576	576		1424	8633				762583	206041		

• 测试单位, 中国地质科学院宜昌地矿所包裹体组。

成矿机理及找矿方向

1. 沉积—成岩期

印支运动早期, 由于区域地壳差异抬升、海盆地倾斜、导致本区的沉积环境由浅海逐渐向泻湖、潮坪乃至萨布哈演变。随着环境变迁, 海盆地底部卤水增加, 便顺黄石—广济同沉积断裂及旁侧裂隙渗透、循环, 萃取古生代地层中的成矿组分生成含矿卤水。当含矿卤水聚集于黄石凹陷盆地底部时, 以吸附、类质同像以及独立矿物形式进入碳酸盐岩中形成铅锌(银)的矿源层。



3. 表生期

在表生氧化淋滤下, 赋矿围岩中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 等易溶组分流失, Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Si^{4+} 等难溶组分凝聚生成铁帽、铁锰

2. 热卤水改造富集期

印支—燕山运动期间, 受构造岩浆活动影响, 区内形成一个由北东东断裂、褶破轴部、层间断裂和同沉积断裂组成的导、配、溶矿系统。受构造岩浆活动影响, 大气降水也顺裂系统循环并再度萃取围岩中的成矿元素生成富锌贫铅的含矿热卤水 (据原苏联斯维尼柯夫溶解实验结果, 1964, 1967)。当循环系统温度、压力下降, pH、Eh 升高, 在有利物理化学环境中依次沉淀闪锌矿、方铅矿、天青石和重晶石, 出现自东而西的分带。可能的化学反应式为:

帽乃至铁帽型金矿。

鉴于上述认识, 区域上进一步找矿应侧重以下地区: ①同沉积断裂附近, 具封闭一半封闭富硫沉积拗陷区, 如泻湖区; ②构造

穿切或圈闭的角砾岩区(T_1dy^{4-6})分布区;③矿田东段深部及外围;④具铁帽、铁锰帽和Pb—Zn—Mn—Ba—(Ti)元素组合异常及激电异常区。

本项研究工作曾先后得到中国地质大学(武汉)胡祖桂教授、胡明安讲师、罗学常副教授、王良忱副教授的指导和帮助,鄂东南和鄂东北地质大队给予大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。成文时,又承北京有色矿产地质研究所王之田、韩东南高工审阅,并提出宝贵的修改意见,谨致谢忱!

Geological-Geochemical Characteristics and Genesis of the Huangshi Pb-Zn Ore Field

Wang Huanzhang

Characteristics of the geology, trace elements, stable isotopes and mineral inclusions of the Huangshi Pb-Zn ore field in Hubei Province are summarized. The author holds that the ore field is of hypergenic syngenetic sedimentary-hot brine reformation origin. In this paper the guide for ore exploration is given.

参考文献

- [1] 涂光炽等,《中国层控矿床地球化学》,第一、二卷,科学出版社,1984。
- [2] 刘英俊等,《元素地球化学导论》,地质出版社,1987。
- [3] 武汉地质学院地球化学研究室,《地球化学》,地质出版社,1985。
- [4] 张理刚,地质与勘探,1992,第4期。
- [5] 叶庆桐,中国科学院矿床地质研究所刊,1985,第1号。
- [6] 张乾,地质地球化学,1987,第9期。
- [7] 李震,地质与勘探,1986,第3期。
- [8] 陈先远等,《成因矿物学》,重庆出版社,1987。
- [9] 赵鹏大等,《矿床统计预测》,地质出版社,1980。
- [10] Anderson, G. M., Economic Geology, 1973, Vol. 68, p. 480~492

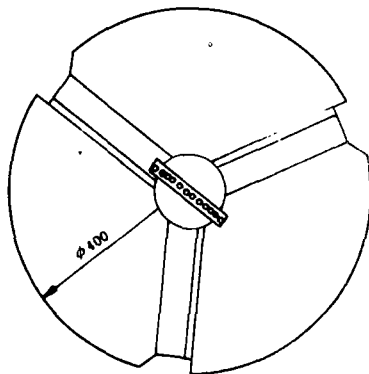
钢粒—合金复合全面钻进在灌注桩基岩施工中的应用

1992年9月我队承包了黄岛工商所综合楼(4层)灌注桩(端承桩)基础工程。桩径 $\phi 400$,桩长8m左右,要求嵌岩深度1m,桩数共60个,工程造价10万元,基岩为中风化—微风化花岗岩,可钻性8~9级,压入硬度 $300\sim 500\text{kg}/\text{mm}^2$ 。

由于岩石硬度大,采用合金钻进效率太低,采用筒状钢粒钻进因直径大、采心困难(现场试用岩心拔不断),而用牙轮钻头价格昂贵(1万元/个左右)。综合考虑,我们选择了以钢粒钻进为主的钢粒—合金复合全面钻进方法。

钻头底盘结构如右图。底盘采用35#厚50钢板,底面开三道水槽,中心有一 $\phi 90$ 出水孔,孔内镶一块合金板(厚25,中间刨槽镶焊K534型八角合金),这样就形成了中心 $\phi 90$ 区域为合金钻进,而其他区域为钢粒钻进。

该工程1992年9~10月,历时50天,实际施工44桩,累计完成基岩工作量31m,共用钻头3个,平均寿命达10.3m,平均时效达 $0.14\text{m}/\text{h}$,钻头底面磨损基本均匀,取得了较好的经济效益。



钻头底盘图

使用的钻进设备:YL-6钻机、BW850泥浆泵,8m四角架和 $\phi 89$ 钻杆。

采用的钻进参数:压力 $10\sim 20\text{kN}$,转速 $65\text{r}/\text{min}$,泵量 $200\sim 300\text{L}/\text{min}$,投砂量 $5\sim 7\text{kg}/\text{回次}$ (一个回次进尺 $0.5\sim 0.7\text{m}$),钢粒粒径 $\phi 4\text{mm}$ 。

该法在硬岩中钻进具有成本低,效率高,钻头结构简单,易加工等优点,值得推广。

[山东冶勘4队 冯顺宏]