

凡口铅锌矿床成矿作用演化规律

李佩兰

(中南工业大学)

凡口铅锌矿床具明显的沉积成岩成矿和热液改造成矿特征。区内矿源层富含有机质和有利的地质环境,是成矿元素活化迁移并长距离搬运储集的有利条件。地球化学还原障的建立,是成矿元素富集就位的关键因素。菱铁矿的形成与 H_2 障有关;铅、锌等硫化物的就位主要与 H_2S 障或 H_2 障的配合作用有关。受隔水层阻挡、富含有机质的不纯碳酸盐岩与断裂构造的复合部位,最有利于形成地球化学障,是寻找富矿的有利地段。

关键词: 矿源层; 储集; 地球化学还原障; 富集就位

矿床地质背景及地质特征

凡口矿位于华南地洼区、湘粤地洼系的南东侧、曲仁盆地北缘(图1)。区内地层可分为两个构造层群:前泥盆纪浅变质岩系构成褶皱基底;晚古生代和中、新生代地层构成沉积盖层。矿区北部百余公里之外见花岗岩岩株。钻孔中偶见切割矿体的煌斑岩脉。构造以断裂为主,包括北西向的基底断裂带和盖层中的北东向、北北东向断裂。北西向断裂带由一系列紧闭倒转褶皱和断裂组成,使盆地边缘形成局部凹陷。构成低序次构造盆地,凡口矿区即产于其中。矿区范围内沉积盖层厚度较大。

矿床赋存于富含有机质和陆源碎屑的中上泥盆统东岗岭上亚组和天子岭组碳酸盐岩层中。下石炭统孟公坳组内也有小矿脉和似层状矿体产出。矿体受北西向基底断裂控制,并具有垂直与水平分带。部分矿体具有明显的同生沉积一成岩改造特征。大部分工业矿体具有热液成矿特征:矿体形态和产状严格受北东向、北北东向断裂构造控制。如在F₃两侧矿体呈迭瓦状、倒葫芦状和不规则状产出(图2)。矿体与围岩界线清楚。矿

石具致密块状构造,交代溶蚀结构,并伴有白云石化、硅化,局部见受热变质形成的大理岩化。

成矿热液的生成与演化

1. 成矿流体的成分

本区主要金属矿物和脉石矿物中包裹体成分分析表明:液相中阳离子 K^+ 含量较高, K^+/Na^+ 平均1.55, $Na^+ + K^+$ (平均 2.457×10^4 ppm) $> Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (平均 1.01×10^4 ppm);阴离子中 Cl^- 占绝对优势,含量变化大,一般为 $0.125 \sim 9.001 \times 10^4$ ppm, Cl^-/F^- 为5.32~99.661。气相以 CO_2 为主,平均 5.662×10^4 ppm,最高 28.304×10^4 ppm。其次是 CO 、 CH_4 、 H_2 和 N_2 ,不含 O_2 。盐度11.50~24.30%,最高25.74%。后期脉石矿物中(如方解石)盐度较低。同一种矿物,先结晶的盐度往往较高,尤以闪锌矿最明显。这些特征与密西西比型铅、锌矿床雷同。后者硫化物包裹体中还含有氨基酸、油珠、脂肪酸和草酸等有机离子(凡口矿区未进行此项分析)。

主要成矿阶段脉石矿物氧、碳同位素组成特征(图3、4)是:方解石中 $\delta^{18}O$ (SMOW)

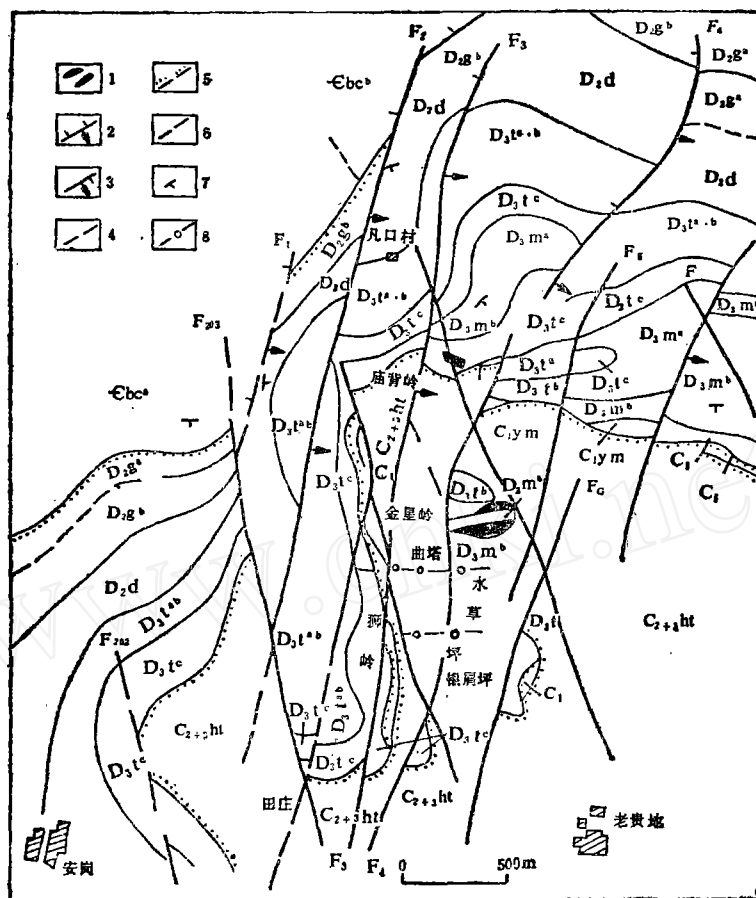


图 1 仁化凡口地区地质图

$C_{2+3,ht}$ —壶天群白云岩、白云质灰岩； $C_{1,dc}$ —测水段砂页岩； C_1 —大塘阶； C_{1ym} —孟公坳组灰岩夹白云岩，泥盆系； D_3m^b 、 D_3m^a —帽子峰组上亚组砂页岩，下亚组砂页岩夹泥灰岩； D_3t^c 、 D_3t^b 、 D_3t^a —天子岭组上亚组花斑状灰岩夹泥岩，中亚组瘤状灰岩夹条带状灰岩，下亚组鲕状灰岩、生物碎屑灰岩夹瘤状灰岩； D_2d^b 、 D_2d^a —东岗岭上亚组白云质灰岩夹砂页岩，下亚组粉砂岩、页岩夹白云岩； D_2g^b 、 D_2g^a —桂头群上亚群及下亚群砂质岩夹砾岩；寒武系： ϵbc^b 、 ϵbc^a —八村群上亚群、下亚群浅变质砂页岩；1—铅锌矿体及菱铁矿体；2—逆断层及编号；3—平移正断层及编号；4—性质不明断层；5—不整合地质界线；6—地质界线；7—岩层产状；8—勘探线及钻孔

为+15.42~20.19‰、方解石、菱铁矿中 $\delta^{13}C$ 值(PDB)为-0.38~-8.15‰,与美国三州地区(方解石、白云石中 $\delta^{18}O$ +14~+23‰, $\delta^{13}C$ 0~-8‰)和加拿大派因波恩特极相似。

根据上述特点,认为地层渗流水是凡口矿区成矿流体的主要来源。它在富含有机质的晚古生代、中生代陆源碎屑岩、碳酸盐岩

中运移,萃取其中的可溶部分,形成富含有机质、具中等盐度的Na(富K)-Ca-Cl型热卤水。

2. 成矿流体的温压特征

矿区范围内沉积的最大厚度约1300m。按正常地压梯度(275atm/km)或上覆岩层厚度与岩石密度计算,渗流水最大承压约

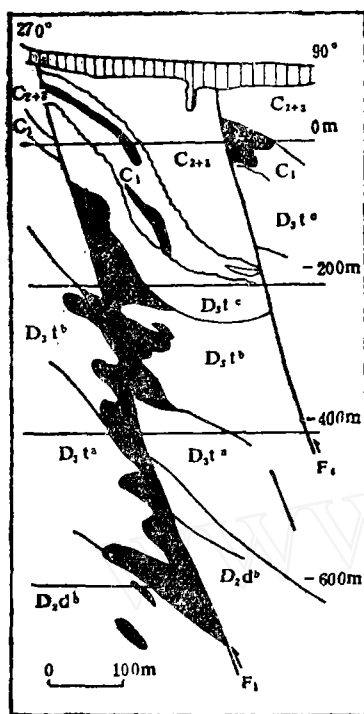


图 2 201号剖面示意图
(据932队; 图例同图1)

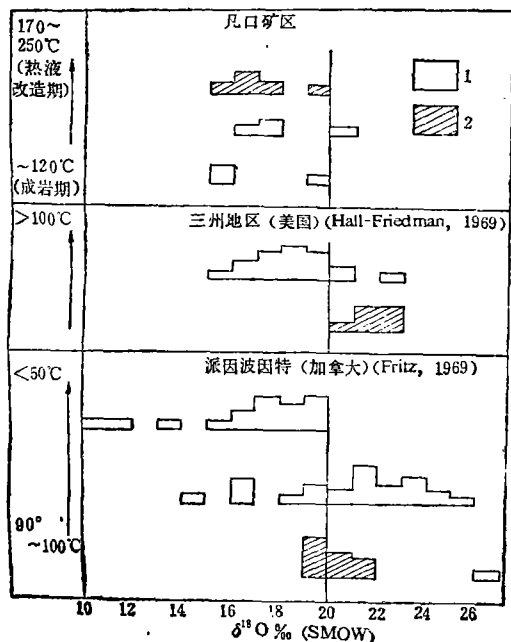


图 3 氧同位素组成直方图
1—方解石; 2—白云石

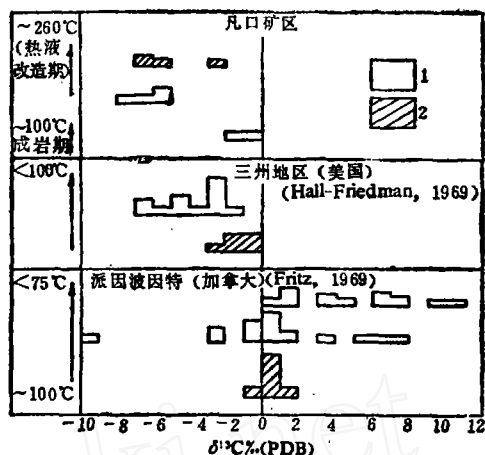


图 4 碳同位素组成直方图
1—方解石; 2—白云石

350atm。但矿物包裹体 CO_2 测压法测得压力高达600atm。说明成矿流体是一种高承压水。曲仁盆地低序次构造盆地局部构造发育地段,具备形成古自流盆地的地质环境。在构造导致的局部高压驱动下,渗流水沿古泄水道缓慢流向有利于矿化富集沉淀的地段。

据矿物包裹体测温,主要矿石矿物成矿温度区间为100~260℃。在水平方向上,以矿化中心地段曲塘到金星岭和狮岭,成矿温度有降低趋势。曲塘是目前已知矿化向下延伸最大的地段。在垂直方向上,成矿温度变化不明显。按地热增温率30℃/km计,成矿温度不可能超过200℃。说明热液系统柱的温度梯度与围岩地热增温率之间存在差距。显示出上升地热流对区域地热场的扰动,即可能有岩浆活动热力影响和岩浆热液对渗流水的掺和作用。

3. 成矿物质来源

本区方铅矿铅同位素以正常铅为主,同时含有以钼铅为主的异常铅。模式年龄值分为3组:(1)3.5~4亿年,与中上泥盆统含矿层年龄相当;(2)2.0~2.5亿年,相当于晚二叠世至早三叠世;(3)1.0~1.5亿年,与矿区外围燕山期花岗岩年龄相当。另

凡口铅锌矿床铅同位素组成 (据陈好寿, 1980)

表 1

样 号	取样地点	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206+207}\text{Pb}$	年龄 (Ma)
5A501	上泥盆统金星岭矿段	18.79	16.02	39.96	1.17	1.15	<0
6A0578	同 上	18.38	15.73	40.08	1.17	1.18	240
75-1	同 上	18.55	15.78	39.30	1.18	1.14	125
f-42	上泥盆统狮岭矿段	18.15	15.55	38.29	1.17	1.14	360
75-2	同 上	18.81	15.85	39.53	1.19	1.14	<0
75-3	同 上	18.12	15.61	39.99	1.17	1.19	380
75-4	同 上	18.36	15.66	39.07	1.17	1.15	245
75-5	同 上	18.38	15.59	40.23	1.18	1.18	210
平 均		18.44	15.74	39.56	1.175	1.16	

注: 年龄值按斯塔西两阶段模式计算。

外还有两个负值年龄 (表1)。说明热液改造期的铅、锌具有多来源性, 但主要来自赋矿层位 (含上覆岩层)。

硫化物硫同位素组成具有变化范围宽的大正值 (图5)。矿物中 $\delta^{34}\text{S}$ 值 (‰) 按下列顺序递减: 黄铁矿 (18.89) > 闪锌矿 (17.79) > 方铅矿 (15.79)。说明硫主要来自海水硫酸盐的还原, 并基本上达到了硫同位素交换反应平衡。辉锑矿中 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+0.20~+4.3‰, 说明可能从地壳深部带来了少量硫, 而在以后的地质作用中未受到均匀化。

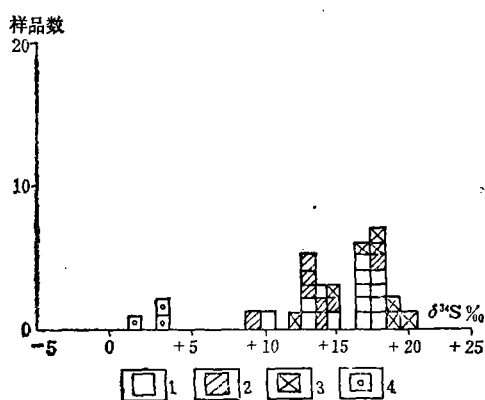


图 5 凡口矿区硫同位素组成直方图

1—闪锌矿; 2—方铅矿; 3—黄铁矿; 4—辉锑矿

4. 化学活性热液对成矿物质的萃取及其迁移形式的实验研究

笔者模拟凡口地下渗流水成分特点, 用含不同种类有机质在0.05M以上的NaCl型水

溶液, 在低温常压下进行了方铅矿、闪锌矿溶解实验, 目的是查明地下热液对矿源层中铅、锌的活化能力。结果表明, 当溶液中含有羧基和氨羧络合剂时, 对铅锌的活化能力最强, 其次是含羟羧络合剂的溶液。90℃时溶解铅、锌的量即已达到具成矿意义的下限量 (10^{-5}M)。但只有当溶液中含有机质, 尤其是羧基、氨羧络合剂时, 才能形成浓度较高的成矿溶液。因此, 笔者认为凡口式地下热卤水是一种化学活性热液, 它能萃取分散于碎屑岩、页岩和碳酸盐岩中的铅、锌硫化物或粒间溶液中的金属离子, 形成成矿溶液。这是凡口矿区通过热液改造作用能形成大型层控铅、锌矿床的决定因素之一。矿源层中铅、锌被活化的限度, 受溶液中阴离子配位体种类及其总浓度、各级络合反应的稳定常数及环境的物理化学条件制约^[1]。

铅、锌活化后, 在溶液中的溶存形式及其稳定性, 将决定它们能否迁移到有利部位富集成矿。故作者用电动势法测定并计算了各级络合反应的稳定常数与分配 (表2)。其共同特点是: ①溶液的离子强度和温度一定时, 铅、锌在溶液中的溶存形式仅与配位体浓度有关。②温度与配位体浓度一定时, 离子强度的变化也会影响铅、锌的溶存形式与分配, 即成矿溶液盐度的变化, 将影响铅、锌的迁移形式及其稳定性。③低温 ($\leq 100^\circ\text{C}$)

锌（铅）阴离子配位体络合反应稳定常数

表 2

$t, ^\circ\text{C}$	$\log K_1$	$\log K_2$	$\log K_3$	$\log K_4$	$\log K_1$	$\log K_2$	$\log K_3$	$\log K_4$
	Zn--Cl ($I=0.1$)				Zn--Cl ($I=0.5$)			
30	0.57	2.05	3.39	4.41	1.35	2.01	2.32	2.29
50	0.86	2.29	3.79	4.17	1.57	2.07	2.26	2.13
70	1.69	2.71	3.98	4.65	1.64	1.95	2.31	2.47
90	1.82	3.07	4.05	4.90	1.74	2.20	2.13	2.26
	Zn--NH ₃ ($I=0.1$)				Zn--NH ₃ ($I=0.5$)			
30	0.18	2.26	3.69	4.75	1.04	2.0	2.61	3.19
50	1.41	2.88	4.23	5.26	1.90	3.79	5.21	5.30
70	1.48	2.79	3.99	4.72	1.49	2.48	3.42	3.56
90	1.64	3.14	4.07	5.23	1.55	2.50	3.36	3.43
	Zn--Lam ($I=0.1$)				Zn--Cit ($I=0.1$)			
30	2.65	3.39	4.62	4.25	2.69	5.09	7.38	9.22
50	2.77	3.51	4.61	5.30	2.98	5.42	7.86	9.45
70	2.79	3.90	4.81	5.01	3.30	5.68	7.98	9.78
90	3.02	4.00	4.88	4.54	3.37	5.73	8.08	9.69
	Zn--Cl ($I=0.2$)				Pb--Cl ($I=0.2$)			
20	0.43	1.04	1.57	1.77	-1.60	-3.38	-5.06	-6.44
50	0.90	2.02	3.16	4.05	1.63	3.68	5.29	6.88
100	1.82	3.95	6.18	8.32	1.73	3.77	5.90	7.95
150	2.78	5.97	9.31	12.66	1.88	4.17	6.67	9.24
200	3.9	8.3	13.1	18.1	2.10	4.70	7.70	10.90
250	4.8	10.8	16.3	18.1	2.40	5.5	9.1	13.1
300	6.0	12.9	20.6	28.9	3.0	6.9	11.5	16.8

时，温度对铅、锌的溶存形式及分布影响不明显，但随着温度的升高，它将成为决定铅、锌溶存形式与分布的主导因素之一。如 200℃、 $I=0.2$ 、配位体总浓度 $[L]_r=0.01\text{m}$ 时，溶液中铅、锌将以四级络合的形式占优势〔2〕。

实验结果还表明，铅、锌与有机官能团络合之稳定常数又随离子强度增大、温度升高而增大。因此在富含有机质、高盐度的热卤水中，各种铅、锌络合物稳定性较高。

溶解度实验还表明，PbS、ZnS 在含羟基、羧基络合剂的水溶液中溶解度较大，相应络合物之稳定常数也较其他有机质的大。这可能是由于溶液中的 Edta、H₃Cit 等与 Pb²⁺、Zn²⁺ 形成的络离子，其内络盐的性质隐蔽了 Pb²⁺、Zn²⁺，致使它们不可能与溶

液中可与其缔合而产生沉淀的阴离子（如 OH⁻）结合，从而保持了 Pb²⁺、Zn²⁺ 在溶液中的稳定性。

此外，凡口式成矿热液是一种高承压充气地下热卤水，说明不可凝气相与之共存，也促进了铅、锌在迁移过程中的稳定性。

总之，热卤水中 Cl⁻ 对 Pb²⁺、Zn²⁺ 的络合作用，某些有机质对 Pb²⁺、Zn²⁺ 的隐蔽作用，以及不可凝气相共存的携带作用，使凡口式中低温热液能搬运成矿物质至容矿部位而不致中途丢失。同时，本矿区在成矿期所处大地构造环境相对较稳定，因而使这种化学活性热液能持续从矿源层中萃取成矿物质，并迁移至储集滞。

铅、锌、铁的矿化富集定位

1. 成矿热力学条件

上述分析表明,形成凡口铅、锌硫化物、菱铁矿矿床的成矿溶液,是一种富含有机质的Na—Ca—Cl型高承压水,它既具有层流运动形式,又有沿构造裂隙的垂直上升运动。其迁移环境主要是一种无 H_2S 的潜育环境。故计算成矿热力学条件时,未考虑 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 与 SO_4^{2-} 和 HS^- 的络合,并将闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和菱铁矿的生成条件,限制在 $FeCO_3-FeS$ 与 $CuFeS_2-Cu_4FeS_5+FeS_2$ 单变反应范围内。

(1) 成矿时的氧逸度条件 按照矿物流体包裹体内 CO_2/CH_4 和 $H_2O(g)/H_2$ 克分子比的 $lgf_{O_2}-T$ 图解(Patterson, 1981),求得成矿时 $lgf_{O_2}=-39\sim-49$ 。同时根据矿床热液改造阶段矿物共生组合关系编制了 $lgf_{O_2}-T$ 图(图6)。它表明成矿时的氧逸度下限受重晶石与硫化钙平衡线控制,即主要矿物的稳定范围位于 Fe_2O_3-FeS 与 $BaSO_4-CaS$ 两条平衡线所限定的区域内。主要成矿期的 $lgf_{O_2}=-29\sim-52$,与用包裹体成分方法测定结果基本吻合,说明整个成矿过程氧逸度有下降趋势。

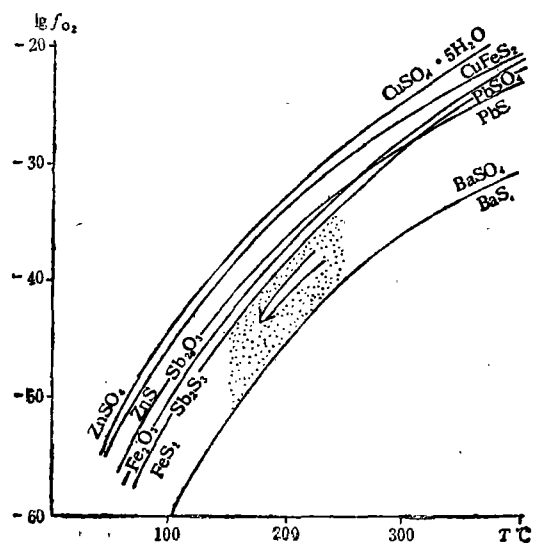


图6 $lgf_{O_2}-T$ 图解

(2) 成矿时的硫逸度条件 笔者编制了250℃时的 $lgf_{S_2}-lgf_{O_2}$ 等温截面图(图7)。表3所列平衡反应方程限定的范围,为热液改造期的热力学稳定场。由图7不难看出,250℃时方铅矿、闪锌矿等形成的硫逸度为 $10^{-8.5}\sim 10^{-11.5}$,氧逸度为 $10^{-31.3}\sim 10^{-37.5}$,与上述分析一致。说明整个成矿过程的总趋势 f_{O_2} 降低、 f_{S_2} 升高,即在硫由 S^{6+} 向 S^{2-} 转变过程中,铅、锌硫化物发生沉淀。

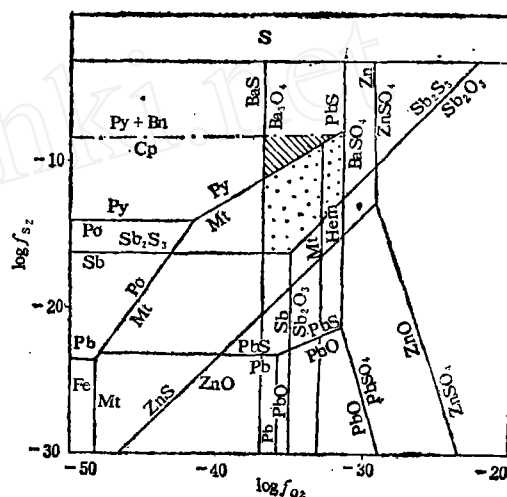


图7 $lgf_{S_2}-lgf_{O_2}$ 图解(250℃)

Py—黄铁矿, Cp—黄铜矿, Mt—磁铁矿
Po—磁黄铁矿, Bo—斑铜矿

平衡反应方程式

表3

反 应 式	lgK (250℃)
$5CuFeS_2 + S_2 = Cu_5FeS_4 + 4FeS_2$	8.256
$BaS + 2O_2 = BaSO_4$	73.160
$FeS_2 + 2O_2 = Fe_2O_3 + 3S_2$	46.360
$2FeS_2 + 1.5O_2 = Fe_2O_3 + 2S_2$	30.604
$2Sb + 1.5S_2 = Sb_2S_3$	25.690

2. 铅、锌硫化物与菱铁矿的富集就位

从成矿地质环境和热力学条件分析可知,铅、锌硫化物的形成与富集就位过程,是成矿溶液从高地球化学位场向低位场的迁

移转变过程。这一过程的实现,与地球化学还原障的建立密切相关。现分述如下。

(1) H_2S 障及其对铅、锌、铁硫化物富集就位的控制 众所周知,随着成岩成矿作用的发展,水文地质环境也发生相应的变化。成岩阶段补给区含水层的水开始进入承压水系统,并在相应压力作用下向储水层迁移。其后则以侧向迁移为主,并不断从围岩中萃取出矿物质和其他可溶组份,演变成含矿热卤水进入低压带,如成岩期局部微裂隙发育地段,岩性分界处等。与此同时,硫酸盐还原细菌的脱硫活动将产生大量 H_2S 、 CO_2 等气体,在水动力作用下,顺着与成矿溶液相对的方向迁移,至气体“捕穴”聚集,并导致层间水的Eh值急剧降低。同时,当它养菌作用($SO_4^{2-} + 2C_{有机} = 2S^{2-} + 2CO_2$)强烈时,由于生成一定量 CO_2 ,将导致溶液pH值降低。而以自养菌作用($S_4^{2-}O + 4H_2 = S^{2-} + 4H_2O$)为主时,由于强酸性的 SO_4^{2-} 被还原,将导致环境pH值升高。因此,各地层及含水层中脱硫菌的作用,在一定程度上决定了成矿作用的水文地球化学环境,并在层间水流动的延伸方向,于水动力条件突变地段(这种地段往往有利于气体的“圈闭”)或运动前锋,造成 H_2S 还原地球化学障,从而使铅、锌、铁等以硫化物形式富集就位形成矿体。这种 H_2S 障出现的地质标志,是沿层间水流方向Eh变化使褐铁矿化带尖灭,或红色岩层为灰色岩层所更替。

(2) H_2 障与菱铁矿的富集就位 在 $Fe-O-H_2O-CO_2-S-SiO_2$ 系统中,只有在碳酸活度高、硫活度特低的条件下,菱铁矿才稳定。而碳酸活度小、 SiO_2 又溶解过量时,可形成铁硅酸盐矿物(P.加列耳斯,1962)。凡口矿区下部矿带有单一的菱铁矿体,并普遍伴有硅化。显然,其成矿作用是在 a_{CO_2} 偏高, a_{H_2S} 特低的还原环境下进行的。在无 H_2S 的还原环境中,游离态或有机化合物中的氢是铁的强还原剂。即 H_2 可以

形成无 O_2 和无 H_2S 的强还原障,而造氢细菌在富含有机质环境中能产生大量新生氢。实验证实,将造氢菌植入含葡萄糖或柠檬酸钙的培养基中所产生的气体成分中, H_2 达36.5~69.5%。测量发育有细菌的含葡萄糖内蛋白脂介质的Eh值时,发现当pH=7.3时,Eh可降到-430mV(З.И.库兹涅佐娃)。据此推测菱铁矿的富集就位可能与 H_2 障有关。

(3) 热液改造期铅、锌等硫化物的富集就位 成矿作用发展至热液改造期,与构造活动密切相关。随着构造活动的发展,渗流水的侧向运移将降至极为次要的地位,而代之以沿构造裂隙的上升运动为主,渗流水亦演变成高承压水,由图1可知,在中上泥盆统东岗岭组上、下亚组,帽子峰组及下石炭统测水段中均夹有相对不透水层——页岩。而直接覆盖在褶皱基底不整合面上的,是氧化还原电势相对较高的中泥盆统桂头群红色、紫红色砂砾岩、粉砂岩。它是热液改造期成矿溶液的主要储集滞。而受隔水层阻挡的东岗岭组、天子岭组和帽子峰组等含水层中的水,由于硫酸盐还原细菌和造氢细菌的活动,则成为地球化学还原障。当构造活动发生时,隔水层受到破坏,相对氧化还原电位较高的成矿热液沿断裂构造,如 F_3 、 F_4 等向上循环进入富 H_2S 和(或) H_2 的地球化学还原障,而产生铅、锌、铁等硫化物(或菱铁矿)富集就位,并使构造裂隙堵塞。随着下阶段构造活动的发生裂隙再次导通,成矿溶液上升再次矿化就位。由于凡口地区在成矿期地壳处于缓慢下降过程中,随着断裂构造的向上发展,地球化学障也相对向上迁移。上升的成矿热液一方面部分溶蚀交代早期形成的矿物,同时向上于有利部位富集就位。在这一过程中,成矿溶液盐度降低,矿物纯度提高,如闪锌矿、白云石中铁的含量有降低的趋势。

(4) 地球化学位与铅锌硫化物的沉淀

从地球化学位守恒原理可知,成矿温度是重力场位置 Z 与扩散速度 Vd 的函数,即

$$T = f(ZVd^2)$$

$$f(t) = \frac{2C^2}{3M_p(Vd^2 + 2gZ)}$$

流体力学含矿热液呈连续运动时有:

$$S_1V_1 = S_2V_2$$

上式中: M_p 为成矿流体分子质光; C 为成矿溶液所含光子的速度; g 为重力加速度; S_1 、 S_2 为构造裂隙断面积; V_1V_2 为成矿流动速度。

成矿流体的流动速度与其扩散速度成正比,因此当成矿溶液从运动通道进入裂隙交汇部位或溶洞中时,因 V 值减小而引起动能降低。但是,当成矿流体由第一种状态连续进入第二种状态时,它由位能引起的化学位 M_U ,因动能引起的化学位 M_K 及由压力能引起的化学位 M_P 三者之和为一常数,即 $M_U + M_K + M_P = C$ 。因此, M_K 的降低必然引起 M_U 和 M_P 的升高,而位能和压力能的升高,都将使铅、锌等自成矿流体中的析出能力增大而易于富集就位。

结 论

1. 形成凡口铅锌矿床的成矿流体,主要由地表渗流水演化而成,但可能有岩浆热液和深循环热卤水的掺和。它属于一种富含有机质、近乎中性的充气、高承压Na-Ca-Cl型热卤水。

2. 金属元素主要来自矿源层。方铅矿、闪锌矿溶解度实验结果表明,含0.05M以上有机阴离子团的氯化钠型水溶液,在90℃、1atm下,溶解活化的铅、锌含量就达到了具成矿意义的数量级($10^{-5}M$)。热卤水的活化能力与其离子强度、温度呈正相关关系,与所含有有机质的种类及浓度亦密切相关。

3. 凡口式成矿热液中铅、锌主要与 Cl^- 、 La^{3+} 、 Cit^{3-} 等呈各级络合物形式及游离离子迁移。各类溶存形式的分布及其稳定性,受配位体离子浓度、溶液的盐度和温度制约。

4. 地球化学还原障的建立是导致成矿元素富集就位的主要因素。

5. 含水层中褐铁矿尖灭处、或红色岩层与灰色岩层更替带,是寻找成岩改造期矿体的标志。有利的岩性与构造复合部位是寻找热液改造型富矿的关键。在成矿期地壳发生缓慢下降运动的地区,应向深部寻找隐伏矿体。

工作期间得到广东932队,凡口铅锌矿地测科的大力支持并提供部分资料;文中分析数据由我校、系分析室完成,谨此致谢!

参 考 文 献

- [1] 李佩兰等,沉积学报,1986,第4卷,第1期。
- [2] 李佩兰,矿物岩石,1987,第7卷,第2期。
- [3] Nrigau, J. O. and Anderson, G. M. Chem. Geol., 1971, V. 1, №2.
- [4] 高旭征,矿床地质,1983,第3期。

The Evolutionary Pattern of Mineralization of the Fankou Pb-Zn Deposit

Li Peilan

The Fankou Pb-Zn deposit is characterized obviously by its sedimentary diagenetic-metallogenesis and hydrothermal-reformation features. Organic substance riching source bed in the mining area and its beneficial geological setting are the favourable conditions for the activity, migration, long-distance transportation and deposition of metallogenetic elements. The establishment of geochemical reducing barrier is a decisive factor for the enrichment and emplacement of the metallogenic elements. The formation of siderite is related to the H_2 barrier, while the emplacement of lead and zinc sulfides bears a relation mainly to H_2S barrier or the combined action of H_2S and H_2 barriers. The composite location of the impure carbonate (being rich in organic substance and blocked by the water-resisting layer) and fracture structure is most favourable for the formation of the barrier and is also an ideal target for rich ore searching.