

新疆阿尔泰山南缘产于麦兹泥盆纪 火山-沉积盆地铅锌矿床稳定同位素特征

王书来¹, 陈克强², 康吉昌³, 郭全⁴

(1. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012; 2. 新疆国土资源厅规划研究院, 乌鲁木齐 830011;
3. 新疆有色地质勘查局706大队, 阿勒泰 836500; 4. 新疆有色黄金建设公司, 乌鲁木齐 830002)

[摘要] 麦兹火山-沉积盆地内铅锌矿呈似层状、透镜状, 矿石构造以条纹条带状、块状、斑杂状为主, 矿物成分相对简单, 矿体直接容矿围岩为火山-沉积岩。矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-20.6\text{‰} \sim -10\text{‰}$; 矿床石英流体包裹体水的 δD 值为 $-89.1\text{‰} \sim -49.48\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 $4.7\text{‰} \sim 1.2\text{‰}$ 。矿化层中方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值介于 $-6.7\text{‰} \sim -14.3\text{‰}$ 之间, $\delta^{18}\text{O}$ 值在 $10.3\text{‰} \sim 12.9\text{‰}$ 之间。矿床属火山-沉积岩容矿的块状硫化物矿床, 介于典型的火山岩容矿的块状硫化物型矿床 (VHMS) 和典型沉积岩容矿的硫化物矿床 (SEDEX 型) 之间的过渡类型 (一种新类型块状硫化物矿床)。

[关键词] 稳定同位素特征 铅锌矿床 火山-沉积盆地 麦兹

[中图分类号] P618.42; P618.43 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2007)06-0025-07

1 区域地质背景

麦兹火山-沉积盆地位于新疆阿尔泰山南缘铅锌多金属成矿带东南部, 大地构造位置属于西伯利亚板块阿勒泰陆缘拉张裂谷带^[1,2], 盆地内产有可可塔勒、大桥、铁热克、什根特等铅锌(铁)矿床(点)和蒙库铁矿等。出露地层主要包括下泥盆统康布铁堡组(D_1k)和中泥盆统阿尔泰镇组(D_2a)。岩性为一套变质的钙碱性英安-流纹质火山岩-砂泥质岩-碳酸盐岩建造。区内火山、岩浆活动强烈, 火山岩分布范围广, 断裂构造发育, 其主要走向北西向, 次为北东向和北西西向。矿区内可依洛甫断裂与沙热布拉克断裂, 控制了火山喷发中心的分布和铅锌矿点、异常以及热水沉积岩的产出, 同时亦控制海西晚期花岗岩体的分布。

2 成矿地质特征

2.1 地层

麦兹火山-沉积盆地整体呈 NW-SE 向展布(图1), 北西-南东长约 40km, 宽约 10km。火山-沉积盆地由复式向斜组成, 向斜两翼以及南东部分地层被花岗岩侵吞, 北东翼倒转, 轴面倾向北东, 两

翼地层倾向一致。在西北侧发育少量中上奥陶统哈巴河群($O_{2-3}hb^c$), 为一套变质砂岩、板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、混合岩等岩性建造, 在向斜北翼发育中上志留统库鲁姆提群($S_{2-3}k^a$), 为一套深变质的浅海-滨海相的复理石建造岩系, 主要由片岩、片麻岩、混合岩和变质砂岩等组成。火山沉积盆地主体由泥盆系地层组成, 主要包括下泥盆统康布铁堡组(D_1k), 中泥盆统阿勒泰组(D_2a)地层。下泥盆统康布铁堡组是一套以火山岩为主的火山碎屑沉积-化学沉积-碎屑沉积建造, 据^①统计, 地层火山岩所占比例为 61%。

下泥盆统康布铁堡组(D_1k)是铅锌(铁)主要含矿地层, 可分为上下两个亚组, 下亚组(D_1k_1)岩性为斜长角闪岩和角闪片岩和大理岩、钙铁榴石片岩等, 原岩为石英角斑质、细碧质凝灰岩。上亚组(D_1k_2)又可分为 3 个岩性段, 第一岩性段($D_1k_2^1$)主要由变粒岩夹黑云母石英片岩、斜长角闪岩、角闪斜长变粒岩等组成; 第二岩性段($D_1k_2^2$)的下部主要为长石石英变粒岩、大理岩、浅粒岩等, 在大理岩和石榴绿帘长英变粒岩中, 局部可见有似层状矽卡岩透镜体, 形成有磁铁硫化物型铁帽, 发育铅锌铜矿化; 中部为(细)变粒岩、石榴黑云母石英片岩、长英变

[收稿日期] 2007-06-04; [修订日期] 2007-08-13。

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2001CB409806)和国土资源大调查项目(编号: 200210200022)资助。

① 王京彬, 张进红, 等, 2000, 可可塔勒多金属矿带隐伏矿定位预测研究报告。

[作者简介] 王书来(1969年—), 男, 2005年毕业于中南大学, 获博士学位, 教授级高工, 现主要从事矿床成矿定位预测研究工作。

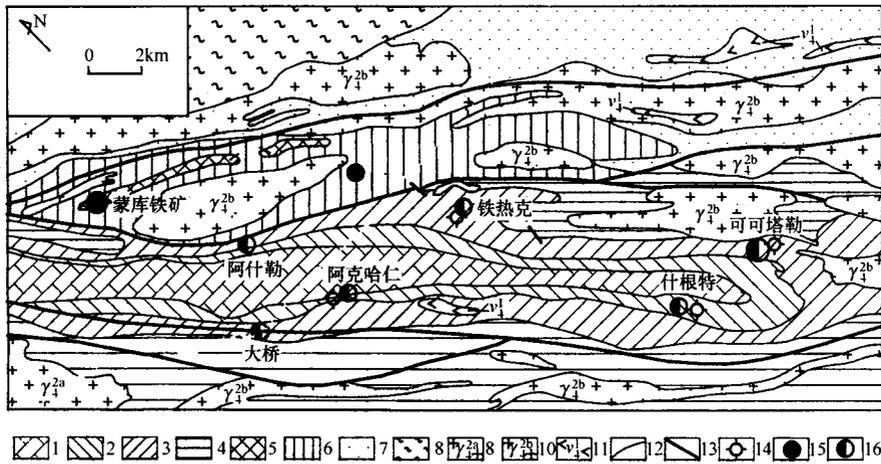


图1 麦兹地区地质矿产略图(据姜齐节 1992,修改)

1—阿勒泰组大理岩、变砂岩及底部十字砂线石榴云英片岩;2—康布铁堡组上亚组第三岩性段;3—康布铁堡组上亚组第二岩性段(重要含矿层位);4—康布铁堡组上亚组第一岩性段;5—康布铁堡组下亚组第二岩性段;6—康布铁堡组下亚组第一岩性段;7—库鲁木提群片麻岩-混合岩-变砂岩;8—哈巴河群变砂岩-板岩-千枚岩-片麻岩-混合岩-变砂岩;9—华力西晚期黑云母花岗岩;10—华力西中期黑云母花岗岩;11—华力西早期角闪岩;12—地层界限;13—断裂构造;14—火山活动中心;15—铁矿;16—铅锌矿

粒岩夹薄层不纯大理岩及长英变粒岩等,发育似层状铅锌矿化(如可可塔勒等),该岩性段总厚 570 余米;第三岩性段($D_1k_2^3$)主要为含绿帘石黑云母变粒岩、含砂卡岩化夹层的大理岩,上部见重晶石条带和萤石条带,其内发育铅锌矿化(如铁热克、阿克哈仁)。

2.2 矿区构造

矿区断裂构造发育,主要有 2 条比较大的北西走向断裂(图 1),即:向斜北东翼有阿什勒—铁热克断裂(是北部的控盆断裂—可依洛浦断裂的分支,两条断裂在北西蒙库汇合)和向斜南西翼大桥—什根特断裂,断裂陡倾斜,倾向北东。顺地层也发育有小的层间走滑断裂以及北东走向断裂(往往在矿体厚大部位发育)。

2.3 矿区岩浆岩

侵入岩以海西期侵入岩为主,分布在盆地的两翼外部。包括花岗岩和伟晶岩等,中性岩次之。火山岩包括变流纹质熔岩、流纹质晶屑凝灰岩、流纹质火山角砾凝灰岩、流纹质火山角砾岩、条带状变流凝灰岩及英安质晶屑凝灰岩等,流纹质火山岩 σ 在 0.44 ~ 3.49 间, $Na_2O/(K_2O + Na_2O)$ 值在 0.21 ~ 0.97 间,平均为 0.62,岩石有钠质、普通质和钾质类型。除流纹岩外,还有少量英安质岩等,总体有早期喷发火山岩 Na_2O 高, K_2O 低;晚期喷发的火山岩 Na_2O 、 K_2O 含量相接近,成矿主期的火山岩 Na_2O 、 K_2O 含量变化大^[3],可能与成矿过程中矿化蚀变有

关。

2.4 矿体特征

铅锌矿直接容矿围岩有黑云母变粒岩、石榴黑云变粒岩、二云石英片岩、变钙质砂岩以及大理岩等,矿体呈似层状、透镜状,与地层产状基本一致,有分支复合现象,厚度变化大,形态复杂,矿石矿物组合比较简单,主要矿物黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等。矿石主要呈块状、条带状、条纹状和浸染状。

主要矿石结构包括自形—半自形粒状结构、它形粒状结构、斑状结构、镶边(反应边)结构、共边结构、交代结构、填间结构、乳浊状(固溶体分离)结构、压碎结构等。

矿区围岩蚀变主要有钾长石化、绿泥石化、硅化、黑云母化、绿帘石化、碳酸盐岩化等,蚀变具有一定的分带性^[4],存在有下列类型蚀变分带:矿下层顺层白色钾化—硅化蚀变带、矿下层顺层绿色(绿泥石化—黑云母化)蚀变带、蚀变岩筒和裂隙状蚀变带等。在矿体内往往存在黄铁矿化、碳酸盐岩化和硅化等矿化蚀变。

3 稳定同位素特征

3.1 硫同位素特征

本次测定硫同位素样品 22 件,其中黄铁矿 9 件,闪锌矿 6 件,方铅矿 4 件,重晶石 1 件,磁黄铁矿 2 件;收集前人测量数据 18 件。铅锌矿硫同位素组

成(表1、图2), $\delta^{34}\text{S}$ 分布范围 $+5.1\text{‰} \sim -20.6\text{‰}$, 其中黄铁矿、方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 分布范围均较大, $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} = -20.6\text{‰} \sim +5.1\text{‰}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}} = -15.5\text{‰} \sim +1.0\text{‰}$, 而闪锌矿变化范围小得多 ($\delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} = -16.2\text{‰} \sim -10.7\text{‰}$)。矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 主要分布在 $-20.6\text{‰} \sim -10\text{‰}$ 之间, 富含 ^{32}S , 代表深海相环境生成的硫化物(富 ^{32}S)的组成特征。

部分 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布在 $-6.5\text{‰} \sim +5.1\text{‰}$ 之间, 代表硫来源火山岩浆。

3.2 铅同位素特征

本次共测定矿石硫化物的铅同位素样品5件, 全岩样品7件和2件石英、重晶石单矿物样品, 并收集前人资料17件。铅锌矿床铅同位素组成均一, 矿石铅同位素都在正常铅范围内。在3组铅同位素比值中, 数值变化最大的为 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, 其次为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, 变化不明显的为 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (表2), 块状硫化物矿石的硫化物铅同位素的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值分别为18.001~18.605,

表1 麦兹地区铅锌矿硫同位素组成表

序号	样品号	样品性质	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{CDT})/\text{‰}$
1	BK117	侵染状黄铁绿帘石变粒岩	黄铁矿(细)	-2.8
2	BK118	块状石英黄铁矿石(稠密侵染)	黄铁矿	-20.6
3	BK120-1	块状含石英黄铁矿石	黄铁矿(早)	-18.7
4	BK123	块状黄铁磁黄铁矿石	黄铁矿	-12.4
5	BK125	块状黄铁磁黄铁方铅闪锌矿石	黄铁矿	-13.4
6	BK125	块状黄铁磁黄铁方铅闪锌矿石	闪锌矿	-13.1
7	BK125	块状黄铁磁黄铁方铅闪锌矿石	方铅矿	-13.6
8	BK127	块状铅锌矿石	黄铁矿	-13.3
9	BK127	块状铅锌矿石	闪锌矿	-10.7
10	BK127	块状铅锌矿石	方铅矿	-12.3
11	BK129	含黄铁磁黄铁石英脉	磁黄铁矿	-15.0
12	BK135	条带状矿石	闪锌矿(粗)	-14.3
13	BK139	星点黄铁磁黄铁闪锌方铅矿石	黄铁矿	-9.8
14	BK139	星点黄铁磁黄铁闪锌方铅矿石	磁黄铁矿	-11.4
15	BK139	星点黄铁磁黄铁闪锌方铅矿石	方铅矿	-12.5
16	BK140	黄铁磁黄铁方铅闪锌矿石	闪锌矿	-13.7
17	BK142	黄铁矿方铅矿石英脉	黄铁矿	-12.1
18	BK143	块状铅锌矿石	闪锌矿	-14.8
19	BK143	块状铅锌矿石	方铅矿	-15.5
20	BK144	闪锌方铅矿磁黄铁矿石	黄铁矿	-14.6
21	BK144	闪锌方铅矿磁黄铁矿石	闪锌矿	-16.2
22	KB201	含重晶石条带状矿石	重晶石	2.89
23	ZK15-7-26A	块状矿石	黄铁矿	-12.9
24	ZK15-7-26B	块状矿石	方铅矿	-14.7
25	ZK15-7-26C	块状矿石	磁黄铁矿	-14.2
26	ZK15-7-26D	块状矿石	闪锌矿	-13.7
27	ZK7-9-18-A	块状矿石	黄铁矿	-13.0
28	ZK7-9-18B	块状矿石	闪锌矿	-12.9
29	ZK7-9-18C	块状矿石	磁黄铁矿	-13.2
30	ZK7-0-5A	稠密浸染矿石	黄铁矿	-14.3
31	ZK7-0-5B	稠密浸染矿石	磁黄铁矿	-14.6
32	ZK7-0-5C	稠密浸染矿石	方铅矿	-15.3
33	ZK7-0-5D	稠密浸染矿石	闪锌矿	-14.5
34	ZK7-9-26	浅粒中条纹状矿石	黄铁矿	5.1
35	ZK3-7-9	方铅矿石英脉	方铅矿	1
36	ZK93-3-5	层凝灰岩中条纹状矿石	黄铁矿	3.7
37	ZK19-7-14	矿化方解变粒岩	磁黄铁矿	-1.4
38	ZK7-2-2	浅粒中浸染条带状矿石	黄铁矿	-6.5
39	ZK7-7-7-3-A*	块状	黄铁矿	-15.5
40	ZK7-7-7-3-B*	块状	闪锌矿	-14.8

注:地质科学院矿床研究所同位素测试中心测试,2004;·:据韩东南等,1992;* :据王京彬等,1998。

表2 麦兹铅锌矿及围岩 Pb 同位素组成比值表

矿区	样号	岩石	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	备注
大桥	B819	方铅矿	18.3511	15.5134	38.168	本文①
可可塔勒	KB211	闪锌矿	18.0144	15.4823	37.6327	
	ZK7-7-141	闪锌矿	18.065	15.541	37.805	②
	KB201	石英	18.0227	15.4866	37.6448	本文①
	KB201	重晶石	18.0276	15.4955	37.675	
	KB215	方铅矿	18.0142	15.4818	37.6316	
	M7-7	方铅矿	18.114	15.607	35.058	③
	M0-18	方铅矿	18.001	15.48	36.67	
	MZK7-6	方铅矿	18.135	15.634	38.15	
	ZK7-0-9	方铅矿	18.202	15.679	38.223	④
	ZK3-7-9	方铅矿	18.065	15.55	37.854	
	ZK7-7-141-1	方铅矿	18.176	15.630	38.027	②
	BK144	黄铁矿	18.0081	15.4738	37.6049	本文①
	MZK7-3	黄铁矿	18.077	15.538	37.946	③
	MZK7-8	黄铁矿	18.267	15.843	38.865	
	MZK7-2	黄铁矿	18.015	15.515	37.725	
	ZK15-7-26	黄铁矿	18.109	15.589	37.96	④
	ZK7-0-11	黄铁矿	18.079	15.584	37.953	
	ZK7-9-26	黄铁矿	18.605	15.705	38.61	
	KB220	变酸性熔岩	22.1251	15.7339	41.636	本文①
	KB221	石英角斑岩	19.9307	15.6024	40.2813	
	BK102	肉红色流纹质熔岩	18.0842	15.4833	37.7012	
	BK105	流纹质角砾凝灰岩	19.4992	15.5599	39.4245	
	BK107	流纹角砾凝灰岩	18.9340	15.5278	38.7453	
BK110	凝灰泥灰岩	18.0546	15.4747	37.6798		
BK121	凝灰质泥砂岩	18.3466	15.4992	38.0836		
Kkp-3	流纹质凝灰岩	20.813	15.535	39.811	⑤	
Kkp-5	流纹质凝灰岩	19.959	15.624	39.405		
Kkp-7	流纹质凝灰岩	19.981	15.633	39.433		
Trp-1	流纹质凝灰岩	19.244	15.674	39.043		

注:①中国地质科学院地质研究所同位素测试分析中心分析,2004;②引自丁汝福,1998;③引自有色总公司矿产地质研究院,1987;④引自韩东南等,1992;⑤引自张进红,1998,核工业三所测试。

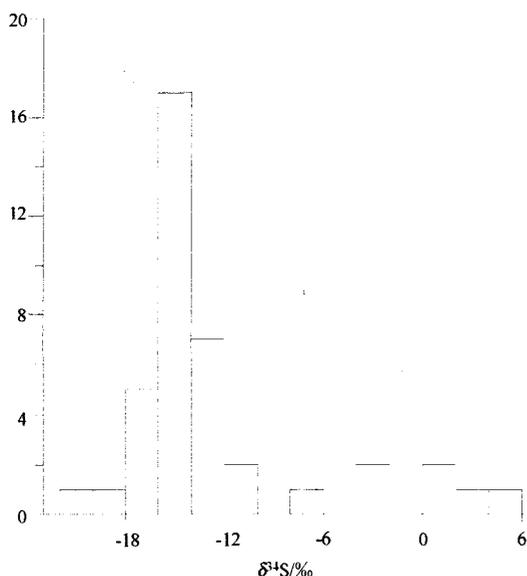


图2 麦兹地区铅锌矿硫同位素组成直方图

15.474 ~ 15.843, 36.670 ~ 38.365, 其中,少量黄铁矿铅同位素组成值分布范围相对较大(图3)。矿区火山围岩(流纹岩、流纹质凝灰岩)铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 组成值分别为18.055 ~ 22.125, 15.475 ~ 15.734, 37.680 ~ 41.636,其中围岩分布范围相对矿石范围大的多。

3.3 碳、氧同位素特征

本次针对麦兹可可塔勒铅锌矿区不同类型矿石中方解石和蒙库铁矿石中方解石,采集7件样品测试,并收集前人的测试数据9件。测定的结果见表3,铅锌矿矿化层中方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-6.7\text{‰} \sim -14.3\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值 $10.3\text{‰} \sim 12.9\text{‰}$ 。其中不含矿(或弱的铅矿化)的方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $0.6\text{‰} \sim -1.7\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值 $13.5\text{‰} \sim 18.0\text{‰}$;块状矿石和厚大富矿体部位(如7#矿体中部KB205、KB206样品)的方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值越负($-11.6\text{‰} \sim -14.3\text{‰}$),远离喷口(大理岩层中的矿化)层状条带状矿石(KB212、

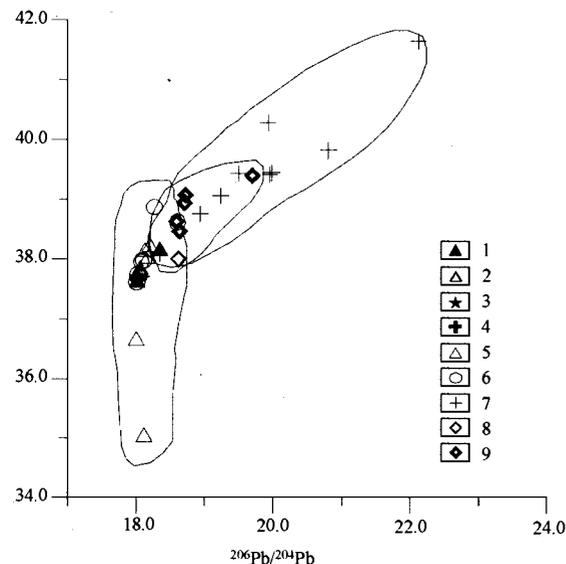
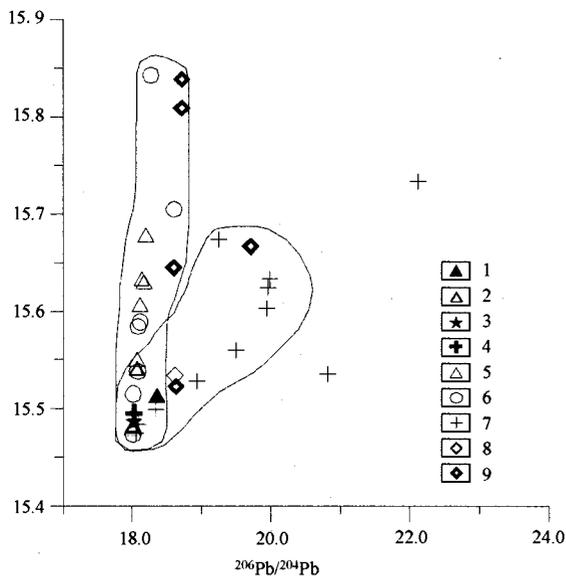


图3 麦兹铅锌矿铅同位素 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解

1—大桥方铅矿;2—可可塔勒闪锌矿;3—可可塔勒石英;4—可可塔勒重晶岩;5—可可塔勒方铅矿;6—可可塔勒黄铁矿;7—可可塔勒围岩;8—蒙库铁矿;9—蒙库铁矿围岩

K219等) $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-8.9\text{‰} \sim -6.7\text{‰}$, 不含矿的方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值接近海水, 为海相成因的碳酸盐。块状矿化方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 最大负值达 -14.3‰ , 表明可能混有有机碳。矿化层方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值与不含矿的方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值具有明显差异(图4), 含矿层中方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值小于不含矿的方解石。

3.4 流体氢、氧同位素特征

矿床石英流体包裹体氢、氧同位素组成(表4), 本次测量样品6件, 其结果均以相对于V-SMOW

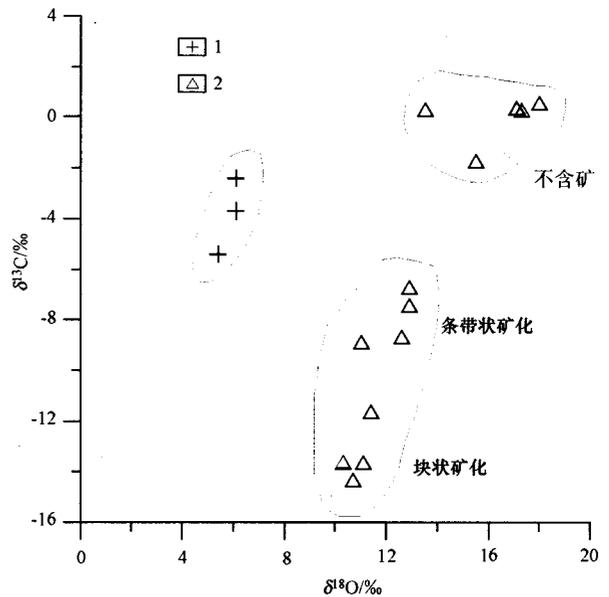


图4 麦兹地区铅锌矿方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 图解
1—蒙库铁矿;2—可可塔勒铅锌矿

的千分率表示, 石英流体包裹体水的 δD 值于 $-89.1\text{‰} \sim -49.48\text{‰}$, 平均值为 -70.43‰ , 石英流体包裹体 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值在 $4.7\text{‰} \sim 1.2\text{‰}$ 之间, 平均值为 3.63‰ 。介于显生宙海水 ($\delta\text{D} \pm 10\text{‰}$ 和 $\delta^{18}\text{O} \pm 1\text{‰}$) 和原始岩浆水之间。说明海水和岩浆水都有参与成矿的可能, 并且海水可能是成矿流体的重要组成部分, 成矿流体直接进入海水, 与海水有较多的同位素交换。成矿流体可能形成于海水成因的热卤水。

4 讨论及结论

4.1 矿床硫源自矿体下盘围岩和海水

麦兹地区铅锌矿产于泥盆纪火山-沉积盆地康布铁堡组上亚组中, 矿石呈块状、条纹条带状为主, 矿体围岩主要为火山-沉积岩(现为黑云母变粒岩、石榴黑云变粒岩、二云石英片岩等), 矿床硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布范围广 ($+5.1\text{‰} \sim -20.6\text{‰}$), 变化大。硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值可以反映以 H_2S 为主要硫种的热液流体的 $\delta^{34}\text{S}$ 值^[5], 因此, 成矿流体中 H_2S 中的硫明显具有围岩中硫化物和海水硫酸盐提供特点, 这种硫同位素分布特点, 表明麦兹火山-沉积盆地铅锌矿成矿过程中大量细菌参与成矿(特别是块状和稠密浸染状富矿), 也有火山岩浆参与成矿, 硫主要来源于矿下盘的围岩和海水。

4.2 矿床铅成矿物质来源与火山岩有关

研究矿床成矿物质来源, 铅同位素演化特征是很重要的, 由于铅同位素分子的质量大, 不同同位素

表 3 麦兹地区铅锌矿床方解石、火山岩碳、氧同位素组成

地区	样号	岩性	测量矿物(岩石)	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}(\text{SMOW})/\text{‰}$
蒙库	M204	含石榴石方解石石英铁矿石	方解石	-2.4	6.1
	M208	灰黑中晶大理岩铁矿石	方解石	-3.7	6.1
	M211	方解石石英磁铁矿石	方解石	-5.4	5.4
可可塔勒	KB205	方解石-闪锌矿条带矿石	方解石	-13.6	11.1
	KB206	含方铅矿化粗方解石	方解石	-13.6	10.3
	KB211	闪锌矿-方解石矿石(块状)	方解石	-14.3	10.7
	KB212	含方解石条带状块状矿石	方解石	-8.9	11.0
	Zk15-7-27b	条纹状矿石	方解石	-11.6	11.4
	K220	黄铁矿化硅化大理岩	方解石	-6.7	12.9
	K219	星点磁黄铁矿化大理岩	方解石	-7.4	12.9
	K242	磁黄铁矿化石榴黑云石英片岩	方解石	-8.7	12.6
	Kw-1	矿体上盘粗粒不纯大理岩	方解石	0.4	17.1
	Tk2-6	灰褐色不纯大理岩	方解石	0.3	17.3
	Tk2-2	青灰色结晶大理岩	方解石	0.6	18.0
	B13-19	条带状大理岩	方解石	0.3	13.5
	B2-8	含方铅矿化铁碳酸盐岩	方解石	-1.7	15.5

注:中国地质科学院矿床研究所同位素室分析,2003;·:据王京彬等,1998;*:据张进红。

表 4 麦兹地区铅锌矿石英流体包裹体 H、O 同位素组成表

矿区名称	样品编号	样品性质	$\delta\text{D}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$
可可塔勒	KB204	8 线块状铅锌矿石	-77.81	12.1	4.7
	KB215	1#方铅矿-黄铁-石英	-49.48	11.7	4.31
	KB217	7#方铅矿-黄铁-石英	-65.32	8.6	1.2
	ZK7-9-3	绿泥石黑云母石英脉 75m	-89.1	11.7	4.30
	B817	绿帘石-磁铁-石英脉	-70.72	10.3	2.91
大桥	B819	方铅矿-石英脉	-69.83	12.7	5.3

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所,2004;·:据丁汝福 1999。

分子之间相对质量差小,所以铅元素不仅从矿源岩中浸取时不发生同位素分馏,而且进入成矿热液并迁移的过程中,即使成矿热液的物理化学性质发生变化,其同位素组成一般也不会发生变化,因此,根据矿石的铅同位素组成,是可以判断其矿床铅成矿物质来源的^[6,7]。矿床铅同位素数据表明,组成均一,矿床硫化物和火山岩中的铅来源相同,一种可能是成矿物质由岩浆岩提供,并通过由岩浆活动驱动的热液向上迁移,然后在一定的部位富集成矿;另一种可能是热液淋滤了较深部地层中的成矿物质,而火山岩也是由这些深层物质部分重熔形成的,并且随铅锌的品位升高, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值降低。如富含铅锌样品(BK144)的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} < 18.02$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} < 15.48$ 。块状矿石、浸染状矿石和火山岩铅同位素比值有微小差异,铅同位素比值有火山岩 > 浸染状矿石 > 块状矿石的特点,矿区的铅同位素组成可能是由早期黄铁矿化阶段保留下来的铅和存在于该矿区深部的古陆壳组成的铅组成,因此,成矿铅来源于上地幔和下地壳之间,与火

山岩有关。

4.3 碳、氢、氧同位素特征支持矿床喷流沉积成矿系统的存在

碳氧同位素数据表明,地层中不含矿的方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值接近海水,为海相成因的碳酸盐。块状矿化方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 最大负值达 -14.3‰ ,而条纹条带发育矿化的方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值介于幔源和有机碳之间,可能是有机碳氧化与正常海水 HCO_3^- 的混合所致。并且有代表喷流中心附近形成块状矿 $\delta^{18}\text{O}$ 值 < 远距离形成的条纹条带状矿 $\delta^{18}\text{O}$ 值 < 外围不含矿的方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值特征,可能与形成温度差异有关,可以认为矿化层特别是富矿(块状矿化)形成于矿化热液喷口附近,温度较高,远离热液中心(热点)温度低,以海水沉积,即不含矿的大理岩中的方解石为海相碳酸盐岩沉积形成,矿化期的方解石的碳、氧同位素组成与水岩反应溶液介质性质有关,这与矿区地质、矿化分带相吻合。流体的氢氧同位素介于显生宙海水和原始岩浆水之间,说明海水和岩浆水都有参与成矿的可能,成矿流体可能形成于海水成因

的热卤水,成矿流体的稀有元素特性^[8]也证明成矿具有喷流沉积特征。

综上所述,铅锌矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 变化大,硫同位素组成表明硫主要来自围岩(火山岩和火山碎屑岩),部分来源于海水,有细菌参与成矿(特别是块状和稠密浸染状富矿),矿床铅同位素组成变化不大,具有深源的特征,主要来源于深部岩浆岩,少量来自矿区古陆壳。矿石中方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 值表明碳来源幔源和有机碳。铅锌等成矿物质主要来源下伏的火山岩,矿床与其容矿围岩(特别是下盘火山岩)有一定内在联系。早泥盆世康布铁堡组第二火山旋回晚期,下渗的海水升温淋滤矿体下盘火山岩,沿火山蚀变岩筒喷流成矿。铅锌多金属成矿受火山-沉积盆地的演化控制,是海底火山岩浆活动的产物,并与火山岩、次火山岩、火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩等组合在一起,分布在火山喷发中心地区,赋存在海底火山沉积洼地。矿床主成矿作用发生于火山活动的间隙期,由下盘深部的岩浆活动所驱动的热液循环而形成,岩浆活动所提供的热能加速了流体与火山岩及下覆泥盆纪地层的水/岩交换反应,使之成为富含金属元素的热液,沿一定的通道(如同生断层)向上运移在有利部位沉淀成矿。麦兹铅锌矿床不同于典型的火山岩容矿的块状硫化物型矿床(VHMS)和典型沉积岩容矿的硫化物矿床(SEDEX型),属于之间的过渡类型,其矿化特征与伊比利亚型矿床相类似

^[9,10],属火山-沉积岩容矿的硫化物矿床,矿床成因属于海底火山喷流(沉积)铅锌矿床。

[参考文献]

- [1] 何国琦. 中国阿尔泰山造山带的构造分区和地壳演化[J]. 新疆地质科学, 1990, (2): 9-20.
- [2] 王京彬, 秦克章, 吴志亮, 等. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 王书来, 郭正林, 王玉往, 等. 新疆阿尔泰山南缘产于泥盆纪火山-沉积盆地铅锌矿床地质特征——以可可塔勒铅锌矿为例[J]. 地质与勘探, 2005, (6).
- [4] 秦克章, 王京彬, 张进红, 等. 阿尔泰山南缘可可塔勒式大型铅锌矿床的成矿条件[J]. 有色金属矿产与勘查, 1998, 7(2): 65-74.
- [5] Rye R O, Roberts R J, Snyder W S. Textural and stable isotope studies of the Big Mike cuperiferous volcanogenic massive sulfide deposits, Pershing County, Nevada[J]. Economic Geology, 1984, 79: 124-140.
- [6] 沈渭洲. 稳定同位素地球化学[M]. 北京: 原子能出版社, 1987.
- [7] 张理刚. 铅同位素地质研究现状及展望[J]. 地质与勘探, 1992, 28(4): 21-29.
- [8] 王书来, 王京彬, 彭省临, 等. 新疆可可塔勒铅锌矿成矿流体稀土元素地球化学特征[J]. 中国地质, 2004, (4): 308-314.
- [9] Saez R, Pascual E, Toscano M, et al. The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits[J]. Mineralium Deposita, 1999, 34: 549-570.
- [10] Boulter C A, Commenton Saez, R, Almodovar, G R, Pascual, E. "Geological constraints sulphide genesis in the Iberian Pyrite Belt"[J]. Ore Geol Rev, 1999, 14: 147-150.

STABLE ISOTOPE OF Pb-Zn DEPOSITS OCCURRED IN THE MAIZI DEVONIAN VOLCANIC - SEDIMENTARY BASIN IN THE SOUTH MARGIN OF ALTAY MOUNTAIN, XINJIANG

WANG Shu-lai¹, CHEN Ke-qiang², KANG Ji-chang³, GUO Quan⁴

(1. Beijing Institute of Geology and Mineral Resource, Beijing 100012;

2. Planning and Research Institute, Xinjiang Bureau of Land and Resources, Urumqi 830011;

3. No. 706 Geological Team, Xinjiang Bureau of Nonferrous Metals Geological exploration, Aletai 836500;

4. Xinjiang Nonferrous and Gold Construction Company, Urumqi 830011)

Abstract: Pb-Zn deposits in the Maizi volcano-sedimentary basin occur in stratiform-oid and lenticular. Ore bodies are directly hosted in volcanic-sedimentary rocks. Ore structure is predominantly banded, massive and mottled with relatively simple ore composition. Ore $\delta^{34}\text{S}$ value ranges from -20.6‰ to -10‰. δD value of water in fluid inclusion hosted in quartz is -89.1‰ ~ -49.48‰, and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ value of 4.7‰ ~ 1.2‰. Calcite $\delta^{13}\text{C}$ value in mineralized horizons yields -6.7‰ ~ -14.3‰ and $\delta^{18}\text{O}$ value of 10.3‰ ~ 12.9‰. Correspondingly, calcite of ore-barren or slightly lead-mineralized produces gives $\delta^{13}\text{C}$ value of 0.6‰ ~ -1.7‰ and $\delta^{18}\text{O}$ value of 13.5‰ ~ 18.0‰. It is suggested that the deposit belongs to a volcanic-sedimentary hosted massive sulfide deposit, i. e., a new-type massive sulfide deposit or an intermediate type between typical volcanic-hosted massive sulfide deposit (VHMS type) and typical sedimentary exhalative deposit (SEDEX type). Mineralization characteristics are similar to that of "Iberian-type" deposits.

Key words: stable isotope, Pb-Zn deposit, volcanic-sedimentary basin, Maizi