文章编号 10258-7106(2010)01-0101-12

# 内蒙古拜仁达坝及维拉斯托银多金属矿床的 硫和铅同位素研究<sup>\*</sup>

# 江思宏 聂凤军 刘翼飞 云 飞

(中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037)

摘 要 拜仁达坝和维拉斯托是近年来在内蒙古东部地区发现的 2 个大型银多金属矿床,文章对其开展了硫 和铅同位素研究。结果表明,拜仁达坝矿床矿石中硫化物的 8<sup>34</sup>S 值为 -4.0%~+1.6%。维拉斯托矿床矿石中硫化 物的 8<sup>34</sup>S 值为 -0.8%~+2.0%。,与岩浆热液型矿床的硫同位素值接近,表明这 2 个矿床中的硫主要来自岩浆。拜 仁达坝矿区 43 件金属硫化物的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.333~18.515<sup>,207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.532~15.656<sup>,208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值 为 38.057~38.610 维拉斯托矿区 20 件金属硫化物的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.304~18.377<sup>,207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.520~ 15.610<sup>,208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.112~38.435。拜仁达坝东矿区矿石中的铅同位素组成与维拉斯托矿区相似,变化范围 小 相对贫放射性铅同位素,并且均为混合铅。矿石中的铅可能来自围岩地层及深源岩浆。

关键词 地球化学 統同位素 沿同位素 成矿物质来源 ,拜仁达坝 ,维拉斯托 ;内蒙古 中图分类号 : P618.52 文献标志码 :A

# Sulfur and lead isotopic compositions of Bairendaba and Weilasituo silver-polymetallic deposits, Inner Mongolia

JIANG SiHong, NIE FengJun, LIU YiFei and YUN Fei

(MLR Key Laboratory of Metallogeney and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

#### Abstract

The Bairendaba and Weilasituo ore deposits are two silver-polymetallic deposits discovered in eastern Inner Mongolia in recent years. Researches on the sulfur and lead isotopes of the sulfides from these two deposits are reported in this paper. It is shown that the  $\delta^{34}$ S values of the sulfides from the Bairendaba and the Weilasituo deposit vary from -4.0% to +1.6% and from -0.8% to +2.0%, respectively, close to the sulfur isotopic composition of the magmatic hydrothermal fluid, suggesting that the sulfur in both the Bairendaba and the Weilasituo deposit were mainly derived from the magma. Lead isotope studies of 43 sulfide separates from the Bairendaba deposit and 20 sulfide separates from the Weilasituo deposit demonstrate that the lead isotopic composition of sulfides from ores in these two deposits is characterized by low radiogenic values and narrow ranges of ratios, with  $^{206}$ Pb/ $^{204}$ Pb ranging from 18.333 to 18.515 and from 18.304 to 18.377 respectively,  $^{207}$ Pb/ $^{204}$ Pb from 15.520 to 15.610 respectively, and  $^{208}$ Pb/ $^{204}$ Pb from 38.057 to 38.610 and from 38.112 to 38.435 respectively. It is thus inferred that the lead in ores from these two deposits might have mainly come from the wall rocks of gneiss and deep magma.

<sup>\*</sup> 本文得到中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号:K0704)全国危机矿山项目(编号:20089948)和地质大调查项目(编号:1212010911029)的联合资助

第一作者简介 江思宏,男,1968年4月生,博士,研究员,主要从事金属矿床成矿规律研究。Email:jiangsihong1@163.com 收稿日期 2009-06-04;改回日期 2009-07-24。许德焕编辑。

Key words: geochemistry, sulfur isotope, lead isotope, source of ore-forming materials, Bairendaba, Weilasituo, Inner Mongolia

拜仁达坝和维拉斯托是内蒙古地质勘查局所属 地质队于本世纪初在内蒙古东部地区发现的 2 个大 型银多金属矿床。拜仁达坝矿区已探明的银金属量 达 4 000 多吨,铅+锌 100 多万吨;维拉斯托矿区已 探明的银锌铜金属量亦达大型规模(郑翻身等, 2006)。前人对拜仁达坝银多金属矿床的发现及其 勘查过程、地质特征、成矿流体及其形成条件等进行 过报道或讨论(郭利军等,2004;2009;郑翻身等, 2006;孙丰月等,2008;王力等,2008;钟日晨等, 2008)。本文根据最新获得的硫和铅同位素数据,来 探讨拜仁达坝和维拉斯托这 2 个银多金属矿床的成 矿物质来源。

# 1 地质背景

拜仁达坝和维拉斯托银多金属矿床位于华北板 块与西伯利亚板块之间的古生代褶皱带内,锡林浩 特微陆块的东端,大兴安岭西坡中南段成矿带内(赵 一鸣等,1997;郭利军等,2004;2009;郑翻身等, 2006 (图1中的小插图)。



图 1 拜仁达坝矿区地质简图(引自内蒙古自治区第九地质矿产勘查开发院 2003<sup>●</sup>) 1—第四系;2—黑云斜长片麻岩;3—石英闪长岩;4—花岗岩;5—中基性脉岩;6—银多金属矿体;7—勘探线及编号;8~12为图中小插 图的图例:8—断层;9—古板块缝合线;10—前寒武纪变质岩地块;11—锡林浩特中间地块推测边界;12—研究区范围 Fig.1 Simplified geological map of the Bairendaba silver-polymetallic deposit

(after No. 9 Institute of Geology and Mineral Development of Inner Mongolia, 2003)

1—Quartenary ; 2—Biotite-plagioclase gneiss ; 3—Quartz diorite ; 4—Granite ; 5—Basic-intermediate dyke ; 6—Silver-polymetallic ore body ; 7—Exploration line and its serial number ; The legend of 8~12 for the inset : 8—Fault ; 9—Suture of ancient plate ; 10—Precambrian metamorphic terrain ; 11—Infered boundary of the Xilinhot terrain ; 12—Study area 区域岩浆活动强烈,主要为海西期和燕山期的 花岗岩类侵入体,呈岩株状或岩基状分布。区内出 露地层有元古界、上石炭统、二叠系和侏罗系,以及 第四系冲积层及风成砂土。区域褶皱和断裂构造发 育,主要有米生庙复背斜和一系列呈 NE 向、NW 向 及近 EW 向的断裂。

# 2 矿区简要地质特征

## 2.1 拜仁达坝银多金属矿床

该矿床位于内蒙古赤峰市克什克腾旗境内,地 理位置为东经117°30′56″~117°34′15″,北纬44°05′ 54″~44°07′32″,面积约16 km<sup>2</sup>。

矿区内出露的地层简单,主要为中-新元古界锡 林浩特杂岩系的黑云斜长片麻岩、二云斜长片麻岩 和角闪斜长片麻岩,以及第四系残坡积物和冲(洪) 积物(图1)。断裂构造有 NE 向、NW 向和近 EW 向,其中,近 EW 向和 NWW 向断裂控制着矿体的分 布。矿区内的侵入岩主要为海西期石英闪长岩,构 成主要赋矿围岩,另外,在矿区东北角还见有海西早 期花岗岩。

以 57 勘探线为界,将拜仁达坝矿床划分为东、 西 2 个矿区。东矿区已发现 54 个矿体(地表出露矿 体 20 个,深部隐伏矿体 34 个),其中工业矿体有 22 个。1 号脉为主矿体,其资源/储量占总资源/储量的 84 % 2 号和 39 号矿脉规模较大,其余矿体规模较 小。矿体大小不等,延长数十米至 2 000 余 m,倾向 延伸数十米至 1 000 余 m,厚度一般为 0.5 m 至几十 米。矿体呈层状、似层状,走向近 EW,倾向北,倾角 10~50°,个别矿体走向 NW,倾向北东,倾角一般 26 ~34°。氧化矿带深度 8~15 m,其下为原生隐伏矿 体。

拜仁达坝西矿区由 167 个矿(化)体组成(地表 露头矿体 7 个,隐伏矿体 160 个),其中达到工业品 位的矿体有 47 个。这些矿体中,3 号为主矿体,其资 源/储量占总资源/储量的 65%,4、44、50、51、53、70、 73、102、128 号的规模中等,其余矿体的规模较小。 矿区内各矿体大小不等,长数十米至1 200 余 m,延 深数十米至 700 余 m,厚度一般为 0.5 m 至十几米。 矿体呈脉状、似脉状、透镜状,走向以近 EW 为主,倾 向北,倾角 8~50°,个别矿体走向为 NW 向或 NE 向,倾向北东或北西,倾角一般 26~35°。

氧化矿中的金属矿物主要为褐铁矿、铅华,其次

是孔雀石、蓝铜矿、角银矿、闪锌矿等;脉石矿物有高 岭石、石英、绢云母、长石、碳酸盐矿物等。原生硫化 矿中的金属矿物主要有磁黄铁矿、黄铁矿、铁闪锌 矿、方铅矿、闪锌矿、硫铅矿、黄铜矿、黝铜矿、辉银 矿、自然银、毒砂等;脉石矿物为白云石、绿泥石、石 英、绢云母、萤石、白云母和少量重晶石。主要有用 元素为 Ag、Pb、Zn,伴生有益成分为 Cu 等。矿床具 有褐铁矿化、铅锌矿化、黄铁矿化、孔雀石化、硅化、 高岭土化、萤石化等蚀变,均可作为该区的直接找矿 标志。

矿石结构主要有半自形结构、他形结构、骸晶结构、交代结构、固溶体分离结构、碎裂结构、矿石构造 主要为条带状构造、网脉状构造、块状构造、浸染状 构造,其次为斑杂状构造和角砾状构造。

2.2 维拉斯托银多金属矿床

该矿床位于内蒙古自治区克什克腾旗境内,在 行政区划上,隶属克什克腾巴音查干苏木管辖,其地 理坐标为:东经117°28′30″~117°30′45″,北纬44°04′ 00″~44°05′45″,矿区面积10.79 km²。

矿区内出露地层单一 除广泛分布的第四系外, 仅出露中-上元古界锡林浩特杂岩系的黑云斜长片 麻岩(图2),另有少量 NE 向闪长岩脉分布。

▶ 该矿区内主要发育有 NW 及近 EW 向断裂 ,主 矿体赋存于近 EW 向的'S'型压扭性断裂构造中,严 格受构造控制。矿体的围岩主要为黑云斜长片麻 岩,其次为隐伏的石英闪长岩。地表及浅部为氧化 矿,氧化带为基岩下 13.5 m,深部及隐伏矿为硫化 矿,氧化带为基岩下 13.5 m,深部及隐伏矿为硫化 矿,矿体呈似层状,有分支复合、尖灭再现、膨大缩小 现象。矿体总体走向为近 EW 向,呈舒缓波状,倾向 北,倾角为 8~35°,平均 22°左右,产状变化不大,总 体平稳,在倾向上不平直,在总体倾角稳定的前提下 波动,呈现膨大-缩小-膨大的变化趋势。

维拉斯托矿床由 120 个矿(化)体组成(地表露 头体 1 个,隐伏矿体 119 个),其中达到工业品位的 矿体有 43 个。1 号矿体为主矿体,其资源/储量占总 资源/储量的 65.83 %,7、17、27、33、43、46、66、67 号矿体的规模中等,其余矿体的规模较小。矿区内 诸矿体大小不等,延长数十米至 1 000 m,延深数十 米至 900 m,厚度一般为 0.1 m 至十几米。其中,1 号矿体走向长 1 060 m,倾向延伸长 945 m,平均厚 度 4.58 m。

氧化矿中的金属矿物主要为褐铁矿、铅华及黑 钨矿残余,其次为孔雀石,脉石矿物为高岭石、石英、



绢云母、长石、碳酸盐矿物等。原生硫化矿中的金属 矿物主要有磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、黄铜矿、白铁 矿、磁铁矿、黑钨矿、白钨矿,其次为黄铁矿、方铅矿, 还有少量辉钴矿、辉银矿;脉石矿物为石英、白云母、 白云石、绢云母、粘土矿物、碳酸盐类矿物、长石、萤 石。

矿石结构主要有半自形-他形粒状结构、交代结构、固溶体分离结构、包裹结构、胶状结构、残余结构、矿石构造有角砾构造、蜂窝状构造、网脉状构造、 浸染状构造、斑杂状构造及块状构造等。

# 3 样品采集及分析方法

#### 3.1 样品采集

本次研究的所有样品均采自拜仁达坝和维拉斯 托矿区,采样地点见表 1。

3.2 样品分析方法

硫同位素测试工作是在中国地质科学院矿产资 源研究所同位素实验室 MAT251EM 质谱计上完成 的。标准物质的日常分析精度为±0.2 ‰。

#### 表 1 拜仁达坝和维拉斯托矿区硫化物的硫同位素分析结果

Table 1 Sulfur isotope composition of sulfides from Bairendaba and Weilasituo deposits

原样号	采样位置	样品名称	$\delta^{34}$ Sy.cot/%
			5 SV-CDI 100
拜1込坝四矿区			
BC-03	拜矿 1250 m 水平 2 斜井车场向西 80 m	方铅矿	-1.3
		闪锌矿	-0.3
BC-04	拜矿 1225 m 水平 2 斜井车场沿沿脉向东 150 m	磁黄铁矿	-1.0
		闪锌矿	-17
DC 05		成去性心	1.7
DC-03	7+W 1200 m / + ,10 = x	戦敗状型	-0.8
		闪锌如	-1.8
BK-02	拜矿 1200 m 水平 A 线 ,BK-01 点东 120 m ,矿体底板	闪锌矿	-0.4
		黄铁矿	-1.3
BK-03	拜矿 1200 m 水平 ん线向西 10 m	磁黄铁矿	-3.6
		闪锌矿	-2.3
BK-04	拜矿 1200 m 水平 6 线附近	磁黄铁矿	-1.7
BK-05	拜矿 1175 m 水平 1 斜井向西 75 m	闪锌矿	1.2
DIX-09	拜矿 1275 m 水平 2 斜井在场沿沿脉向西 150 m	古纪矿	-0.0
BK-08	7+W 12/3 m 小十 2 赤+开丰吻石石加回凸 130 m		-0.9
		闪锌如	1.5
BK-11	拜矿 1225 m 水平 2 斜井车场沿沿脉回东 150 m	闪锌矿	-0.3
BK-12	拜矿 1200 m 水平 2 斜井车场与沿脉交汇点向西 10 m	磁黄铁矿	-2.9
	1200 m 水平 2 # 斜井车场与沿脉交汇点向西 10 m	闪锌矿	-1.1
BK-13	1200 m 水平 .10 线	磁黄铁矿	-2.8
511 10		闪锌矿	1 - 1 3
DIZ 14	1175 74 亚 10 代	ᄚᆇᄽᇨ	1.5
BK-14	11/5 m 小平 ,12 线		-2.8
		4] 详句	-1.6
BK-14-1	1175 m 水平 ,12 线	磁黄铁矿	-4.0
		闪锌矿	-2.7
BK-15	1175 m水平 14 线	() 闪锌矿	-0.3
拜仁认切车矿区	1 7		
	十剑井正性	成業研究	1.7
YC-01-1	土村开10 坦		-1.7
VC 02	\$1 # (14°0( 704 NI 117°22 720 ')	이 다 10 ᅜ 높 다 10	-0.3
YC-02	π+ <i>π</i> ( 44 00. /84 N ,11/ 32. /39 )		-1.2
3777 04	1050 TKT 02.4t		-1.4
YK-04	1250m 小平 23 线		-1.2
VII. 0.6			-1.2
YK-06	土科开切堆	力钳如	-1.4
		再炒	0.9
YK-07			0.5
YK-08	科升(44°06.784°N,117°32.739°)	燃更铁切	0.5
		小   祥仙	0.9
YK-09	平铜 1286 m 创 堆	做更铁机	-0.2
YK-11	≫ 竖开矿坻 44°07.007 N,117°32.718 E)	闪锌矿	-1.5
YK-12	竖开矿坻 44°07.007 N ,117°32.718 E)	人 锌 切	0.2
YK-13	半硐 1273 m	闪锌矿	0.6
		毒砂	1.6
维拉斯托矿区			
WC-02	1300 m 平硐口矿堆	磁黄铁矿	0.2
		闪锌矿	0.1
		吉心	1.2
WK 01	1275	闪纹矿	1.2
WIX-01	1275 m 小十 7 5%	内计划	1.0
		更 <del>"</del> "	0.4
WK-02	1275 m 水平 3 线	黄铜矿	-0.2
		毒砂	1.2
WK-03	1275 m 水平 1 线	磁黄铁矿	-0.3
		闪锌矿	-0.5
WK-04	1275 m 水平 3 线	闪锌矿	1.7
		黄铜矿	-0.8
WK 06	1300 m 水平2 结	闪纹矿	2.0
W IX-00	1300 m 11 11 7 2 52	マリ モキ 羽 ニモ ア小	2.0
		母似	-0.5
WK-08	1275 m 水平 12 残	内田和	1.5
		毒砂	0.9
WK-10	1317 m 平硐口矿堆	闪锌矿	1.7
WK-11	1300 m 水平 0 线	闪锌矿	0.5
WK-12	1250 m 水平 17 线	黄铜矿	-0.1

铅同位素分析是在核工业北京地质研究院分析 测试中心 MAT261 质谱计上完成的。其分析流程 是:① 称取适量样品放入聚四氟乙烯坩埚中,加入 氢氟酸及中、高氯酸溶样。样品分解后,将其蒸干, 再加入盐酸溶解、蒸干加入0.5 NHBr 溶液溶解样 品进行铅的分离。② 将溶解的样品溶液倒入预先 处理好的强碱性阴离子交换树脂中进行铅的分离, 用 0.5 N HBr 溶液淋洗树脂,再用 2 N HCl 溶液淋 洗树脂,最后用6NHCI溶液解脱,将解脱溶液蒸干 备质谱测定用。③ 用热表面电离质谱法进行铅同 位素测量, (化器型号为 ISOPROBE-T, 对 1 µg 的<sup>208</sup> Pb/<sup>206</sup>Pb 测量精度≪0.005%。NBS981 标准值:<sup>208</sup>  $Pb/^{206}Pb = 2.1681 \pm 0.0008$ ;<sup>207</sup>  $Pb/^{206}Pb = 0.91464$  $\pm 0.00033$   $^{204}$ Pb/ $^{206}$ Pb= $0.059042 \pm 0.000037$  测量 值  $208 \text{ Pb}/206 \text{ Pb} = 2.165247 \pm 0.000069$ ; 207 Pb/206 Pb $= 0.914510 \pm 0.000056$ ;<sup>204</sup> Pb/<sup>206</sup> Pb  $= 0.059200 \pm$ 0.000013。以上测量精度以 2σ 计。整个流程的 Pb 空白本底为 0.1 ng。

# 4 样品分析结果

#### 4.1 硫同位素

拜仁达坝矿区矿石中金属硫化物的 $\delta^{34}$ S值为 -4.0‰~+1.6‰(40件样品,表1,图3),平均为 -0.98‰。其中,东矿区矿石中金属硫化物的 $\delta^{34}$ S 值为-1.7‰~+1.6‰(16件样品),平均为 -0.32‰ 闪锌矿的 $\delta^{34}$ S值为-1.5‰~+0.9‰(8 件样品),磁黄铁矿的 $\delta^{34}$ S值为-1.7‰~+0.5‰(5 件样品),方铅矿的 $\delta^{34}$ S值为-1.4‰(1件样品),毒 砂的 $\delta^{34}$ S值为+0.9‰~+1.6‰(2件样品), 而西 矿区矿石中金属硫化物的 $\delta^{34}$ S值则为-4.0‰~ +1.5‰(24件样品),平均为-1.43‰;闪锌矿的  $\delta^{34}$ S值为-2.7‰~+1.5‰(13件样品),磁黄铁矿 的 $\delta^{34}$ S值为-4.0‰~-0.8‰(8件样品),方铅矿 的 $\delta^{34}$ S值为-1.3‰~-0.9‰(2件样品),黄铁矿 的 $\delta^{34}$ S值为-1.3‰(1件样品)。

维拉斯托矿区矿石中金属硫化物的  $\delta^{34}$ S 值为 -0.8‰~+2.0‰ (18件样品,见表 1、图 3),平均为 +0.6‰。其中,闪锌矿的  $\delta^{34}$ S 值为 -0.5‰~ +2.0‰ (8件样品),磁黄铁矿的  $\delta^{34}$ S 值为 -0.3‰ ~+0.2‰ (2件样品),黄铜矿的  $\delta^{34}$ S 值为 -0.8‰ ~+0.4‰ (4件样品),毒砂的  $\delta^{34}$ S 值为 -0.5‰~ +1.2‰ (4件样品)。







#### 4.2 铅同位素

拜仁达坝矿区矿石中 43 件金属硫化物的<sup>206</sup>Pb/ <sup>204</sup>Pb 值为 18.333 ~ 18.515,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.532~15.656,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 38.057~38.610 (表 2 )。其中,闪锌矿的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb值为 18.333~ 18.485,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.539~15.646,<sup>208</sup>Pb/ <sup>204</sup>Pb值为 38.057~38.548;磁黄铁矿的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为18.337~18.515,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb值为15.538~

表 2 拜仁达坝和维拉斯托矿区硫化物的铅同位素分析结果

Table 2 Lead isotope composition of sulfides from Bairendaba and Weilasituo deposits

样品编号	样品名称	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	误差	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	误差	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	误差
<b>拜仁</b> 认坝西矿区		-~ -~		-~ -~			
BC 3	方铅矿	18 442	0.002	15 656	0.002	38 610	0.004
DC-3	闪纹矿	18 260	0.002	15.000	0.002	20.221	0.004
DC-3 DC-4	ᇄᇼ᠉	10.309	0.002	15.570	0.002	30.321	0.003
BC-4		18.300	0.001	15.570	0.001	38.310	0.002
BC-4	内柱如	18.427	0.012	15.646	0.01	38.548	0.026
BC-5	做更铁矿	18.353	0.001	15.554	0.001	38.257	0.001
BC-5	闪锌矿	18.421	0.01	15.641	0.009	38.539	0.021
BC-5	黄铜矿	18.359	0.001	15.565	0.001	38.303	0.002
BK-2	闪锌矿	18.399	0.013	15.585	0.011	38.356	0.028
BK-2	黄铁矿	18.349	0.001	15.558	0.001	38.291	0.003
BK-3	磁黄铁矿	18.370	0.002	15.571	0.002	38.291	0.006
BK-3	闪锌矿	18.369	0.003	15.571	0.003	38,294	0.006
BK-4	磁黄铁矿	18 515	0.006	15 594	0.005	38 325	0.013
BK 5	闪锌矿	18, 300	0.000	15.606	0.002	38, 138	0.015
DIC-J DIC Q	古纪矿	18.350	0.003	15.562	0.002	28 206	0.003
DK-0		10.339	0.001	15.505	0.001	38.290	0.002
BK-8		18.359	0.002	15.560	0.002	38.287	0.005
BK-11	内守切	18.368	0.002	15.570	0.002	38.319	0.004
BK-12	做更铁矿	18.337	0.001	15.544	0.001	38.225	0.003
BK-12	闪锌矿	18.355	0.002	15.569	0.001	38.295	0.003
BK-13	磁黄铁矿	18.354	0.001	15.547	0.001	38.237	0.002
BK-13	闪锌矿	18.391	0.003	15.589	0.003	38.371	0.006
BK-14	磁黄铁矿	18.357	0.001	15.549	0.001	38.233	0.002
BK-14	闪锌矿	18.427	0.005	15.617	0.005	38.456	0.013
BK-14-1	磁黄铁矿	18.398	0.005	15.587	0.004	38, 201	0.009
BK-14-1	闪锌矿	18 485	0.014	15 641	0.01	38.057	0.024
BK 15	闪锌矿	18 368	0.001	15.564	0.001	38 302	0.003
年仁法师大论区	17 J LT W	10.000	0.001	15.504	0.001	30.302	0.005
并1_达坝东10 区							
YC-01-1	磁黄铁矿	18.357	0.001	15.550	0.001	38.243	0.002
YC-01-1	闪锌矿	18.358	0.001	15.552	0.001	38.248	0.003
YC-02	磁黄铁矿	18.348	0.001	15.538	0.001	38.207	0.003
YC-02	闪锌矿	18.358	0.001	15.560	0.001	38.282	0.002
YC-04	磁黄铁矿	18.338	0.001	15.540	0.001	38.223	0.002
YC-04	闪锌矿	18.349	0.001	15.544	0.001	38.223	0.002
YC-06	方铅矿	18.341	0.001	15.542	0.001	38, 218	0.002
YC-06	闪轻矿	18.354	0.001	15.512	0.001	38 249	0.002
VC 06	苦铜矿	18 345	0.001	15.532	0.001	38 215	0.002
1C-00 VC 06	<b>英问</b> 》 <b>圭</b> 孙	10.343	0.001	15.545	0.001	20.213	0.003
1C-00 VC 07	サルク	10.305	0.001	15.505	0.001	30.204	0.002
1C-07		18.307	0.001	15.572	0.001	38.314	0.002
YC-08	燃史状切	18.360	0.001	15.559	0.001	38.275	0.003
YC-08	内我们	18.355	0.001	15.554	0.001	38.263	0.003
YC-09	做更铁矿	18.350	0.001	15.551	0.001	38.250	0.002
YC-11	闪锌矿	18.333	0.001	15.539	0.001	38.202	0.002
YC-12	闪锌矿	18.344	0.001	15.546	0.001	38.227	0.002
YC-13	闪锌矿	18.358	0.001	15.561	0.001	38.281	0.003
YC-13	毒砂	18.337	0.001	15.532	0.001	38.189	0.003
维拉斯托矿区							
WC-02	磁黄铁矿	18 365	0.002	15 555	0.001	38 251	0.003
WC-02 WC 02	闪锌矿	18.351	0.002	15.555	0.007	38 263	0.005
WC 02	青小	10.331	0.007	15.551	0.007	38 205	0.010
WC-02	サル	10.330	0.002	15.549	0.002	38.220	0.003
WK-01	内计划	10.370	0.003	15.002	0.003	36.409	0.009
WK-01	更 <b>刊 1</b> 共 何 10	18.337	0.003	15.544	0.003	38.198	0.006
WK-02	更刊初	18.326	0.001	15.530	0.001	38.163	0.003
WK-02	毒砂	18.373	0.003	15.5860	0.003	38.252	0.007
WK-03	磁黄铁矿	18.350	0.002	15.550	0.001	38.112	0.003
WK-03	闪锌矿	18.377	0.015	15.610	0.014	38.435	0.035
WK-04	闪锌矿	18.349	0.003	15.564	0.003	38.267	0.008
WK-04	黄铜矿	18.304	0.001	15.520	0.001	38.131	0.002
WK-05	黄铜矿	18.327	0.001	15.538	0.001	38.184	0.002
WK-06	闪锌矿	18.326	0.002	15.543	0.001	38,205	0.003
WK-06	毒砂	18 351	0.001	15 566	0.001	38 274	0.003
WK-08	闪锌矿	18 353	0.001	15.500	0.001	38 321	0.003
WIX-00	声が	10.333	0.001	15.576	0.001	30.521	0.003
WIX-U8	当び	10.31/	0.001	15.520	0.001	50.152 29.204	0.003
WK-10	ᄡ	18.309	0.004	15.581	0.003	58.304 20.177	0.008
WK-10	更刊创	18.325	0.002	15.534	0.002	38.177	0.005
WK-11	闪锌矿	18.337	0.005	15.551	0.004	38.204	0.011
WK-12	黄铜矿	18.338	0.003	15.549	0.003	38,207	0.008

15.594 <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 38.201~38.325 ;方铅矿的 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 18.341~18.442 ,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.542~15.656 ,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 38.218~38.610 ; 黄铜矿的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 18.345~18.359 ,<sup>207</sup>Pb/ <sup>204</sup>Pb 值为 15.543~15.565 ,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 38.215~38.303 ;毒砂的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 18.337~ 18.363 ,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.532~15.563 ,<sup>208</sup>Pb/ <sup>204</sup>Pb值为 38.189~38.284 ;黄铁矿的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值 为 18.349 ,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.558 ,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值 为 18.349 ,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.558 ,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值 为 38.291。

拜仁达坝东矿区 18 件金属硫化物的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 18.333~18.367,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.532~ 15.572,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 38.189~38.314(表 2);西 矿区 25 件金属硫化物的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 18.337~ 18.515,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 值为 15.544~15.656,<sup>208</sup>Pb/ <sup>204</sup>Pb值为 38.057~38.610(表 2)。

维拉斯托矿区 20 件金属硫化物的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.304~18.377,<sup>207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.520~ 15.610,<sup>208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.112~38.435(表 2)。 其中,闪锌矿的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.326~18.377, <sup>207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.543~15.610,<sup>208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.204~38.435;磁黄铁矿的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.350~18.365,<sup>207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.550~15.555, <sup>208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.112~38.251;黄铜矿的<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 18.304~18.338,<sup>207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.520~15.549,<sup>208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.131~38.207; **毒砂的**<sup>206</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb值为 18.317~18.373,<sup>207</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 15.526~15.586,<sup>208</sup> Pb/<sup>204</sup> Pb 值为 38.152~ 38.274。

无论是拜仁达坝矿床,还是维拉斯托矿床,其金 属硫化物铅同位素数据均构成较好的线性关系(图 4)表明这2个矿床的铅都不是正常铅,而是异常 铅,因此,不能采用单阶段模式定年。

5 讨 论

#### 5.1 硫同位素

在区域上,查干布拉根银多金属矿床矿石的硫 同位素 $\delta^{34}$ S值为 $-1.43\% \sim +6.71\%$ ,具有明显的 塔式分布效应,反映出硫来自深源(解成波等, 2001)孟恩陶勒盖矿床硫化物的 $\delta^{34}$ S值为-1.7% $\sim +4.6\%$ 表明其硫为岩浆成因(朱笑青等,2004); 白音查干银多金属矿床内硫化物的 $\delta^{34}$ S值为



Fig. 4 Diagrams of <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb versus <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb and <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb versus <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb for ores from the Bairendaba and Weilasituo deposits

1—Sulfides from the eastern part of the Bairendaba deposit;
2—Sulfides from the western part of the Bairendaba deposit;
3—Sulfides from the Weilasituo deposit

+1.3‰~+4.8‰,其变化范围及平均值与岩浆热 液金属矿床中的同种硫化物相似,表明在银多金属 矿化带的形成过程中,岩浆热液流体发挥了重要作 用(聂凤军等 2007);内蒙古额仁陶勒盖银矿床内硫 化物的 $\delta^{34}$ S值为-3.96‰~+4.45‰,说明其硫来自 深源岩浆(陈祥 2000);大井锡多金属矿床内硫化物 的 $\delta^{34}$ S值为-1.8‰~+3.8‰,其硫来自于岩浆(储 雪蕾等 2002)。拜仁达坝和维拉斯托银多金属矿床 矿石的硫同位素组成范围( $\delta^{34}$ S值分别为-4.0‰~ +1.6‰和-0.8‰~+2.0‰)与上述诸矿床相似, 表明其硫主要来自岩浆热液。

与拜仁达坝矿区(金属硫化物的 ぷ₄S值为

-4.0‰~1.6‰)相比,维拉斯托矿区内金属硫化物的δ<sup>34</sup>S值(-0.8‰~2.0‰)明显较高,而且变化范围更小(图3)。这种差别可能与成矿物质来源、温度、流体的性质等均有关系。

在拜仁达坝矿区,东矿区与西矿区金属硫化物的 $\delta^{34}$ S值也有差别(图3)。东矿区内金属硫化物的 $\delta^{34}$ S值相对较高,为 – 1.7‰ ~ 1.6‰,平均为 – 0.32‰,而西矿区内金属硫化物的 $\delta^{34}$ S值则相对较低,为 – 4.0‰ ~ 1.5‰,平均为 – 1.43‰。这说明东、西矿区之间在成矿物质来源、温度、流体的性质等方面存在一定的差别。

在平衡条件下,<sup>34</sup>S的富集顺序是黄铁矿>磁黄 铁矿>闪锌矿>黄铜矿>方铅矿。在拜仁达坝矿 区,硫同位素显然没有达到平衡。而在维拉斯托矿 区 尽管在同一件样品中(表1),可以看到磁黄铁矿 >闪锌矿,闪锌矿>黄铜矿,可能反映硫同位素平 衡,但是,根据硫同位素对计算出 WK-01 和 WK-04 两个样品的硫化物形成温度,结果分别是 54 ℃和 -28 ℃,这显然是不对的,说明硫同位素还是没有 真正达到平衡,可能反映了成矿物质快速沉淀的特 点。

总的来说,拜仁达坝矿区和维拉斯托矿区硫化物的  $\delta^{34}$ S 值在 0 值附近,与岩浆热液流体所形成的 矿床的硫同位素值接近(Ohmoto et al.,1979;Taylor,1987),尤其是拜仁达坝东矿区和维拉斯托矿区, 它们更接近 0 值,说明它们可能距离成矿岩体更近。 而拜仁达坝西矿区由于距离成矿岩体较远,流体在 运移过程中可能有大气降水的参与以及围岩斜长片 麻岩中硫的加入,导致其  $\delta^{34}$ S 值相对较低。

5.2 铅同位素

与拜仁达坝矿区相比,维拉斯托矿区矿石中金 属硫化物的铅同位素组成变化范围较小,相对贫放 射性铅同位素(图4)。而在同一个矿区内,拜仁达坝 东矿区与西矿区硫化物的铅同位素组成差别也较 大。相比较而言,其东矿区的铅同位素组成变化范 围要小,而且相对贫放射性铅同位素,与维拉斯托矿 区铅同位素组成相似,并且比其变化范围更小。

为了探讨矿石铅的来源,应用矿区围岩的全岩 铅同位素组成和铀、钍、铅含量及成矿年龄(t = 133Ma,成矿期蚀变绢云母 Ar-Ar 法测年结果,薛怀民, 2009 私人通讯),计算出岩石的<sup>238</sup>U/<sup>204</sup>Pb和<sup>232</sup>Th/ <sup>204</sup>Pb比值,并据此进一步计算出围岩的初始铅同位 素比值(表3)。结果表明,在t = 133 Ma的条件下, 就拜仁达坝矿区来说,其硫化物的铅同位素组成无 论是与直接赋矿围岩(石英闪长岩、变质岩、脉岩), 还是与矿区外围花岗岩,均有部分重叠(图5),说明 这些岩石可能提供了高 µ 值的铅,而作为低 µ 值铅 的来源,目前尚不清楚,可能来自深部岩浆。

就维拉斯托矿区而言,其硫化物的铅同位素组 成与石英闪长岩差别明显(图 5),显然,其成矿与石 英闪长岩关系不大,而与其他岩石,如变质岩、花岗 岩和脉岩,具有部分重叠,这些岩石可能提供了高,μ 值的铅,而作为低,μ值铅的来源,目前尚不清楚,也 可能来自深部岩浆。

尽管拜仁达坝和维拉斯托矿区外围燕山期花岗 岩的形成年龄(SHRIMP 锆石年龄为 140 Ma, 另文 发表)与成矿年龄(133 Ma, 薛怀民 2009 私人通讯) 相近,但是,铅同位素研究(图5)显示,燕山期花岗岩 以明显富集放射性铅为特征,与拜仁达坝和维拉斯 托矿区的矿石明显贫放射性铅形成了鲜明的对比, 说明其矿石中的铅以其他来源为主,高μ值的铅可 能主要来自围岩地层,但也有可能来自深部的变质 基底岩石或矿源层。

5.3 成矿物质来源讨论

无论是拜仁达坝矿区还是维拉斯托矿区 其矿 石中金属硫化物的 δ³⁴S 值均不大 ,尤其是维拉斯托 矿区和拜仁达坝矿区东部 ,其硫同位素组成是相对 比较均一的 ,显示成矿流体可能来自拜仁达坝矿区 的东部 ,而维拉斯托矿区的成矿流体可能与拜仁达 坝东矿区的成矿流体具有相同的来源。铅同位素组 成的特征其实也为这个推断提供了比较有利的证 据 因为 维拉斯托矿区和拜仁达坝矿区东部的铅同 位素组成变化范围小(图4)放射性铅的含量低,而 拜仁达坝西矿区的铅同位素组成变化范围明显增 大,放射性铅的含量高,显示有更多的围岩物质加 入。因此 进一步证实了上述推断。在拜仁达坝和 维拉斯托矿区南面约 10 km 处有一个花岗岩基,其 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 140 Ma( 另文发表 ),与 成矿时代接近(133 Ma, 薛怀民, 2009, 私人通信)。 因此 ,认为拜仁达坝和维拉斯托这两个银多金属矿 床的成矿与燕山期的岩浆活动关系密切。

## 6 结 论

(1)拜仁达坝银多金属矿床矿石中硫化物的 δ<sup>34</sup>S值为-4.0‰~1.6‰,维拉斯托银多金属矿床

		Table 3	Pb isotopica	composition of the	main wall roc	ks in Bairendaba	h and Weilasituc	o deposits		
样品编号	岩石名称	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	$Pb/10^{-6}$	$\mathrm{Th}/10^{-6}$	$U/10^{-6}$	$(^{206}{\rm Pb}/^{204}{\rm Pb})_{\rm t}$	$(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_{\mathrm{t}}$	$(^{208}\mathrm{Pb}/^{204}\mathrm{Pb})_{\mathrm{t}}$
BB-04	片麻岩	18.612	15.614	38.904	22.3	15.4	1.99	18.4751	15.6073	38.566
WB-01	片麻岩	18.763	15.640	39.085	10.9	9.52	1.44	18.5594	15.6301	38.6555
WB-02	片麻岩	18.603	15.565	38.871	13.6	10.5	1.12	18.4768	15.5589	38.4936
WB-03	片麻岩	18.977	15.598	38.894	8.66	9.27	1.09	18.783	15.5885	38.3677
WB-04	片麻岩	18.911	15.650	39.762	10.9	16.9	2.72	18.522	15.631	38.991
WB-05	片麻岩	18.826	15.643	39.278	15.4	15	2.01	18.6241	15.6332	38.7973
WB-06	片麻岩	18.486	15.575	38.784	11.8	9.83	0.825	18.3792	15.5698	38.3779
YH-02	海西期花岗岩	18.391	15.614	38.452	20.6	3.94	0.654	18.3427	15.6116	38.3592
YS-02	海西期花岗岩	18.478	15.588	38.531	26	8.23	1.2	18.4077	15.5846	38.3772
WH-01	燕山期花岗岩	19.464	15.566	38.851	34.6	61.2	10.4	18.9982	15.5433	37.9766
BS-13	英云闪长岩	19.230	15.658	39.825	13.2	20.8	4.46	18.7006	15.6322	39.0374
YS-03	石英闪长岩	19.174	15.615	39.276	6.59	8.55	1.69	18.7756	15.5956	38.633
YS-04	石英闪长岩	18.701	15.616	38.342	9.98	1.01	1.26	18.5085	15.6066	38.2928
YS-05	石英闪长岩	18.705	15.609	38.359	16.7	2.13	2.34	18.4914	15.5986	38.297
YX-01	中基性脉岩	18.685	15.607	38.547	8.11	2.57	1.06	18.4853	15.5973	38.3925
WJ-01	中基性脉岩	18.453	15.554	38.356	6.44	1.12	0.441	18.349	15.5489	38.2718
WX-01	中基性脉岩	18.543	15.610	38.510	10.7	2.4	0.781	18.4317	15.6046	38.4009
BX-01	中基性脉岩	18.945	15.628	38.418	3.43	0.601	0.64	18.6593	15.6141	38.3324

表 3 拜仁达坝及维拉斯托矿区主要围岩的 Pb 同位素分析结果及其特征值

110

2010 年

'n

注: 表中 t = 133 Ma。



图 5 (<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb), {<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb),和(<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb),{<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb),图

1—拜仁达坝矿区的硫化物;2—维拉斯托矿区的硫化物;3—片麻岩;4—海西期花岗岩;5—燕山期花岗岩;6—石英闪长岩;7—中基性脉岩 Fig. 5 Diagrams of (<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb), versus (<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb), and (<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb), versus (<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb),
 1—Sulfides from the Bairendaba silver-polymetallic deposit; 2—Sulfides from the Weilasituo silver-polymetallic deposit; 3—Gneiss;
 4—Hercynian granite; 5—Yanshanian granite; 6—Quartz diorite; 7—Basic-intermediate dyke

矿石中硫化物的 δ<sup>34</sup>S 值为 − 0.8‰ ~ 2.0‰,与岩浆 热液型矿床的硫同位素值接近,表明这两个矿床中 的硫主要来自岩浆。

(2)拜仁达坝东矿区矿石的铅同位素组成与维 拉斯托矿区相似,但变化范围要小、相对贫放射性铅 同位素,并且均为混合铅。赋矿围岩可能提供了高μ 值的铅,但低μ值铅的来源尚不清楚,可能来自深部 岩浆。

志 谢 野外地质调查工作得到了银都矿业公 司、拜仁矿业公司和维拉斯托矿业公司的大力协助, 在此深表谢意。

#### References

Cheng X. 2000. Diagenic-metallogenic model of Erentaolegai silver deposit in Inner Mongolia[ J ]. Journal of Guilin Institute of Technology, 20(1):12-20 (in Chinese with English abstract).

- Chu X L , Huo W G and Zhang X. 2002. S , C and Pb isotopes and sources of metallogenetic elements of the Dajing Cu-polymetallic deposit in Linxi County , Inner Mongolia , China J ]. Acta Petrologica Sinica , 18(4): 566-574 ( in Chinese with English abstract ).
- Guo L J , Ge C B , Feng Z , Bai Y Y , Zhang Z F and Zhao Y. 2004. The exploration process and prospects of the Bairendaba Ag-Pb polymetallic deposit in eastern Xilin Hot , Inner Mongolia J J. Geophysical and Geochemical Exploration , 28 5 ) 394-397 A01 ( in Chinese with English abstract ).
- Guo L J , Xie Y L , Hou Z Q , Wang S , Chen W , Li Z , Li Y X , Xue H M , Tong Y , Pan X F and Zhou X W. 2009. Geology and ore fluid characteristics of the Bairendaba silver polymetallic deposit in Inner Mongolia J J. Acta Petrologica et Mineralogica , 28(1):26-36 ( in Chinese with English abstract ).
- Nie F J ,Wen Y W , Zhao Y Y , Jiang X Y , Jiang S Hand and Zhang W Y. 2007. Geological features and prospecting directions of Bayanchagan silver polymetallic mineralized area in Xi Ujmqin Banner , central-eastern Inner Mongolia J ]. Mineral Deposits , 26(2):213-220 (in Chinese with English abstract ).

- Ohmoto H and Rye R O. 1979. Isotopes of sulfur and carbor[ A ]. In : Barnes H L , ed. Geo-chemistry of hydrothermal ore deposits [ C ]. 2nd edition. New York : John Wiley and Sons. 509-567.
- Sun F Y and Wang L. 2008. Ore-forming conditions of Bairendaba Ag-Pb-Zn polymetallic ore deposit, Inner Mongolia J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 38(3):376-383 (in Chinese with English abstract).
- Taylor B E. 1987. Stable isotope geochemistry of ore-forming fluid M J. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook. 13: 337-445.
- Wang L and Sun F Y. 2008. Geological characteristics of Bairendaba Ag-Pb-Zn polymetallic ore deposit in Inner Mongolia J ]. Global Geology , 27(3) 252-259 (in Chinese with English abstract).
- Xie C B and Liu M. 2001. Geological features and genetic type of the Chagabulagen Ag , Pb , Zn ( Au ) deposit[ J ]. World Geology , 20 (1) 25-29 ( in Chinese with English abstract ).
- Zhao Y M and Zhang D Q. 1997. Metallogeny and prospective evolution of copper-polymetallic deposits in the Da Hinggan mountains and its adjacent regions [M]. Beijing : Seismological Press. 318p ( in Chinese ).
- Zhen F S, Cai H J and Zhang Z F. 2006. The discovery of superlarge silver-lead-zinc deposits in Bairendaba and Weilasitulo , Inner Mongolia , and its ore-prospecting significance J]. Geophysical and Geochemical Exploration ,30(1):13-20 ( in Chinese with English abstract ).
- Zhong R C , Yang Y F , Shi Y X and Li W B. 2008. Ore characters and ore genesis of the Bairendaba Ag polymetallic ore deposit in Keshiketeng Banner , Inner Mongolia[J]. Geology in China , 35 (6):1274-1285( in Chinese with English abstract ).
- Zhu X Q, Zhang Q, He Y L and Shao S X. 2004. Genesis of Meng 'entaolegai Ag-Pb-Zn-In polymetallic deposit in Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits , 23(1) 52-60 ( in Chinese with English abstract ).

#### 附中文参考文献

- 陈 祥. 2000. 内蒙古额仁陶勒盖银矿床成岩成矿模式[J]. 桂林工 学院学报 20(1):12-20.
- 储雪蕾 ,霍卫国,张 巽. 2002. 内蒙古林西县大井铜多金属矿床的 硫、碳和铅同位素及成矿物质来源[J]. 岩石学报,18(4):566-574.
- 郭利军,葛昌宝,冯 贞,白义勇,张振法,赵 云. 2004.内蒙古锡林 浩特东部拜仁达坝银铅多金属矿勘查过程及远景评述[]]物探 与化探 28(5) 394-397.
- 郭利军,谢玉玲,侯增谦,王 硕,陈 伟,李 政,李应栩,薛怀民,童 英,潘小菲,周喜文.2009.内蒙古拜仁达坝银多金属矿矿床 地质及成矿流体特征[1],岩石矿物学杂志,28(1):26-36.
- 聂凤军 温银维 赵元艺 姜羡义 江思宏 涨万益. 2007. 内蒙古白音 查干银多金属矿化区地质特征及找矿方向[J]. 矿床地质 ,26 (2)213-220.
- 孙丰月,王 力. 2008.内蒙拜仁达坝银铅锌多金属矿床成矿条件 [J].吉林大学学报(地球科学版)38(3)376-383.
- 王 力,孙丰月.2008.内蒙拜仁达坝银铅锌多金属矿床地质特征 [J].世界地质,27(3)252-259.
- 解成波,刘 明. 2001. 查干布拉根银铅锌 金 矿床地质特征及成因 类型[J]. 世界地质, 20(1) 25-29.
- 赵一鸣,张德全,1997.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与 远景评价[M].北京,地震出版社,318页.
- 郑翻身,蔡红军, 涨振法. 2006. 内蒙古拜仁达坝维拉斯托超大型银 铅锌矿的发现及找矿意义[J]. 物探与化探, 30(1):13-20.
- 钟日晨 杨永飞 石英霞 李文博. 2008. 内蒙古拜仁达坝银多金属矿 区矿石矿物特征及矿床成因 J]. 中国地质 35(6):1274-1285.
- 朱笑青,张 乾,何玉良,邵树勋,2004.内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌铟 矿床成因研究 J].矿床地质,23(1)52-60.