

文章编号: 0379-1726(2002)03-0253-06

内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌铜矿床的铅同位素组成及矿石铅的来源探讨

张 乾, 战新志, 裘愉卓, 邵树勋, 刘志浩

(中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 内蒙古孟恩陶勒盖矿床产于由黑云母斜长花岗岩和白云母斜长花岗岩组成的海西期孟恩花岗岩基的中心部位。矿体受东西向断裂控制, 呈脉状。矿床主要有用组分为 Pb、Zn、Cu、Ag, 含 Sn 富 In、Ga、Cd 等分散元素, 为一典型的多元素共生的多金属矿床。矿石铅同位素组成与赋矿的海西期花岗岩和矿区外围燕山期花岗岩的长石及全岩铅同位素组成明显不同, 显示出矿石铅既不是由这两期岩浆活动提供的, 也不是来自这两期花岗岩的改造。矿石铅与不同期次岩浆岩铅的对比显示, 矿石铅来源于地幔岩浆分异, 矿区深部可能存在地幔来源的岩浆岩。

关键词: 多金属矿床; 地质特征; 铅同位素组成; 铅的来源; 内蒙古自治区

中图分类号: P597 **文献标识码:** A

0 引 言

在我国, 有不少产于岩浆岩体内部、由断裂控制的金属矿床, 如吉林海沟金矿、冀西东坪金矿、胶东玲珑金矿、广西张公岭银矿、吉林山门银矿、广东庞西洞银矿等。这些矿床的共同特点是: 中深成侵入的岩浆岩是矿体的直接围岩, 岩体规模较大, 已剥蚀到了岩体的中偏下部位, 矿体呈脉状且严格受断裂构造控制。一般来说, 岩浆热液矿床大都产于岩体顶部, 接触带部位甚至围岩中。因此, 对这种产于岩体内部断裂构造中的脉状金属矿床的成因, 长期以来存在多种认识, 如岩浆热液成因^[1, 2]、岩浆岩淋滤改造成因^[3, 4]、基底来源的成矿物质断裂充填成因^[5, 6]等。与前述矿床相比, 内蒙古孟恩陶勒盖矿床更具代表性。该矿床产于花岗岩基的中心部位, 矿体严格受断裂控制, 多元素(Cu、Pb、Zn、Ag、In、Ga、Sn 等) 共生, 20 世纪 50 年代发现并开采, 现已进入资源枯竭阶段。到目前为止, 还未见到该矿床系统的研究报告, 究竟这一产于岩基中心的多金属矿床与形成寄主岩石的岩浆作用有无关系, 是急需解决的问题, 查明成矿物质是否来自与围岩有关的岩浆活动是这一问题的关键, 因此本文在介绍该矿床主要地质特征的同时, 重点从铅同位素组

成出发探讨矿石铅的来源。

1 矿床地质环境

孟恩陶勒盖矿床位于科右中旗西北约 20 km, 西距杜尔基火车站 15 km, 大地构造隶属内蒙古东部大兴安岭隆起带与松辽沉降带接壤部位(图 1)。自海西期至燕山期, 该区为构造-岩浆活动带, 发生大规模的岩浆侵入活动^[7], 与之伴随的成矿作用广泛发育, 尤其在该构造-岩浆带的中部, 形成了一个 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Sn-Fe 共存的大型多金属矿集区, 也是我国铜富集区之一^[8]。孟恩陶勒盖矿床就是该矿集区中一个典型的多金属矿床。

该矿床直接产出于孟恩花岗岩基中心部位的一 EW 向断裂中。该花岗岩基东西长 30 km, 南北宽 18 km, 面积 > 400 km², 北部和东部侵入于下二叠统地层中, 西被燕山期杜尔基花岗岩侵入, 南被中生代火山岩覆盖。岩基主要由两种类型的花岗岩组成, 黑云母斜长花岗岩为岩基主体, 年代为 281 Ma, 白云母二长花岗岩、白云母斜长花岗岩侵入于黑云母斜长花岗岩中, 年代为 212 ~ 251 Ma^[1], 它们是不同的侵入产物(图 2)。两类花岗岩都含有较高的 Ag、Ga、Ge、In、Sn 等成矿元素, 并且随着岩石遭受蚀变,

收稿日期: 2001-05-29; 接受日期: 2002-03-13

基金项目: 国家自然科学基金(40172037); 国家攀登计划预选项目(95-预-25)

作者简介: 张乾(1955-), 男, 研究员, 地球化学专业, 从事矿床地球化学研究。

1) 吉林省地质局第十地质队, 吉林省科尔沁右翼中旗孟恩陶勒盖矿区银铅锌矿地质勘探总结报告, 1978。

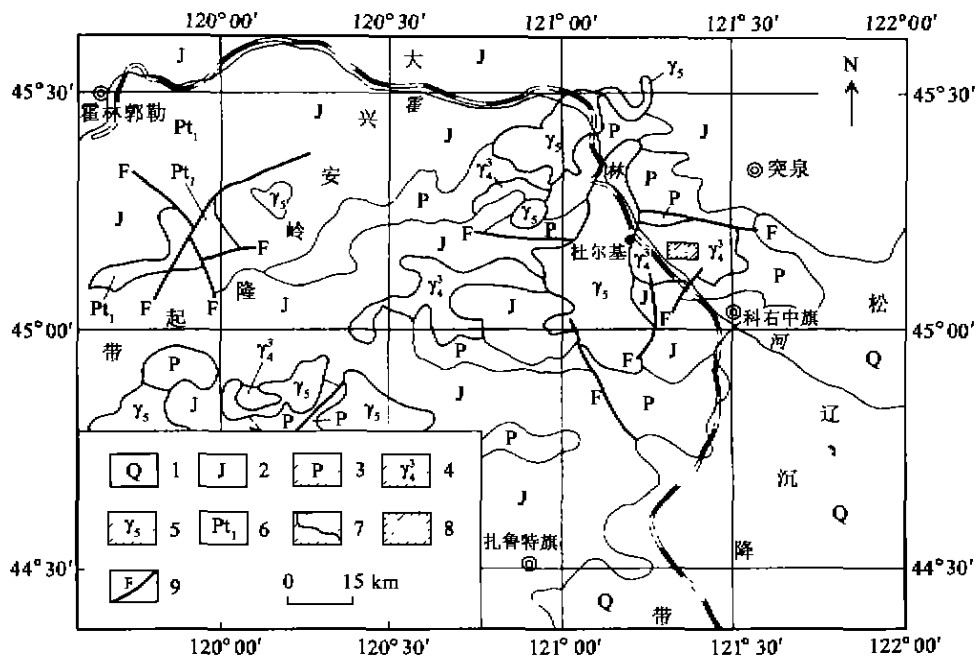


图1 孟恩陶勒盖矿床区域地质简图(据内蒙古自治区1:150万地质图)

Fig. 1 Regional map of the Meng'entaolegai ore deposit

1 第四系; 2. 侏罗系; 3. 二叠系; 4. 海西期花岗岩; 5. 燕山期花岗岩; 6. 古元古界基底变质岩; 7. 地质界线; 8. 矿区位置; 9. 断裂。

SiO₂、Na₂O 减少, FeO、CaO、MnO、K₂O、Pb、Zn、Ag、Sn、In 等增高(表1)。另外有少量煌斑岩脉、闪长岩脉、辉绿岩脉等晚期岩脉沿 NW 向和 NNW 向贯入并穿切两种花岗岩和矿体, 它们明显晚于花岗岩。杜尔基燕山期花岗岩呈岩基状, 岩性为黑云母钾长花岗岩, 位于矿区西部, 距矿体 15 km, 在空间上与孟恩陶勒盖矿床无关, 岩体内部未见矿化。

主要控矿构造为一组 EW 向展布、向东收敛的脆性断裂, 断面向南倾斜, 倾角 60°~80°, 断续分布东西大于 6 km, 南北宽 200~1 000 m, 并且具有多期活动特点。该组断裂同时切穿了两种花岗岩, 说明断裂发生于主岩体成岩之后。该组断裂距地表的深度不同, 矿区西部深, 向东变浅, 但都未到达地表, 矿体沿该组断裂断续充填, 在不同深度上形成不同

元素组合的矿体。矿区另一组断裂呈 NW 或 NNW 向展布, 规模较小, 切穿所有 EW 向断裂及矿体, 属于成矿后断裂。图 2 所示为该矿床主矿段, 向北与其相距 1 km 处为白查干矿段, 规模较小, 矿体亦由 EW 向断裂控制, 类型与主矿段相同。

全矿区共有 40 多个矿体, 分布于西部、中部、东部三个矿段, 主矿体 9 条, 单个矿体长 400~2 000 m, 较大的分枝矿体 9 个, 长度数百 m, 零星小矿体 26 个。西部矿段(深部)称为下脉群, 矿化以 Zn-Cu 为主, 主要金属矿物为黄铜矿、闪锌矿; 中部矿段称为中脉群, 以 Zn-Pb 为主, 主要金属矿物为闪锌矿和方铅矿; 东部矿段(浅部)称为上脉群, 以 Pb-Ag 矿体为主, 主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿, 富银, 存在大量银矿物, 全矿区近 2 000 t 银主要产于上脉群。每

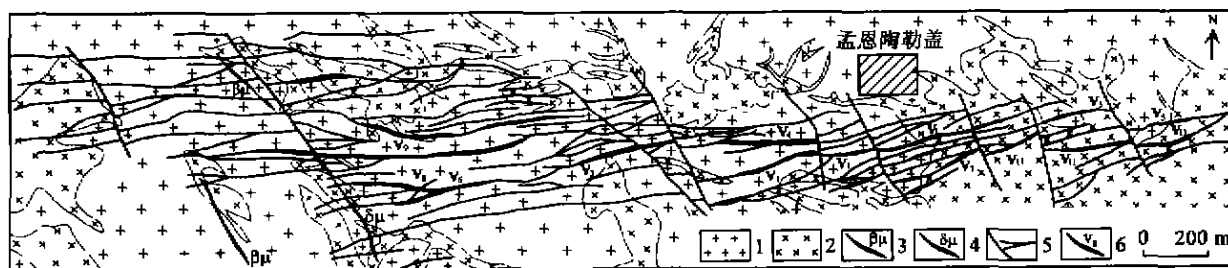


图2 孟恩陶勒盖矿床地质略图(据矿区1:200地质图)

Fig. 2 Geological sketch map of the Meng'entaolegai deposit

1. 黑云母斜长花岗岩; 2. 白云母二长花岗岩-白云母斜长花岗岩; 3. 煌斑岩脉; 4. 闪长岩脉; 5. 断层; 6. 矿体及编号。

表 1 孟恩花岗岩成分(%)及成矿元素含量($\mu\text{g/g}$)Table 1 Composition (%) and ore-forming element contents ($\mu\text{g/g}$) of Meng'en granite

序号	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失	合计	Cu	Pb	Zn	Ag	Sn	Ga	Ge	In
1	M-6	72.20	0.31	14.62	2.12	0.11	0.04	1.16	0.94	3.12	4.27	0.03	0.74	99.63	16	13	48	1	2.2	21	0.8	5
2	M-10	74.23	0.26	13.42	1.61	0.21	0.07	1.43	0.74	4.01	3.33	0.06	0.62	99.99	12	15	54	2	1.5	16	1.1	3
3	M-17	71.69	0.22	14.81	1.52	0.17	0.02	1.74	0.79	3.88	3.47	0.11	1.12	99.54	19	12	52	4	3.1	19	2.8	7
4	M-18	71.89	0.20	15.13	2.13	0.15	0.04	1.15	0.86	3.26	4.07	0.05	0.88	99.81	22	19	61	1	5.7	23	2.3	4
5	M-5	73.82	0.07	14.61	0.74	0.09	0.12	0.50	0.19	3.96	4.27	0.13	1.02	99.52	18	17	37	3	2.6	18	3.0	4
6	M-11	75.79	0.09	13.99	0.53	0.07	0.06	0.31	0.22	4.55	3.19	0.12	0.68	99.60	21	12	76	6	1.3	16	2.1	6
7	M-16	74.38	0.18	13.76	1.09	0.22	0.04	0.19	0.41	4.39	4.21	0.12	0.83	99.82	26	21	50	5	0.9	14	1.4	3
8	M-16-1	75.61	0.08	13.65	0.76	0.13	0.03	0.97	0.14	3.77	3.72	0.05	0.94	99.85	17	27	42	8	4.3	22	1.9	5
9	M-40	75.34	0.07	13.76	0.53	0.06	0.09	0.73	0.54	3.74	3.97	0.13	1.01	99.97	27	18	39	11	2.8	25	2.5	7
10	M-18-1	70.07	0.27	15.67	2.21	0.21	0.33	0.17	1.91	2.07	5.32	0.07	1.59	99.89	31	94	210	15	4.1	17	1.9	5
11	M-18-2	66.65	0.24	13.93	4.67	0.52	2.36	0.48	0.45	0.12	6.93	0.03	2.69	99.07	38	184	402	17	6.4	29	2.7	8

注: 序号 1~4 为黑云母斜长花岗岩; 5~9 为白云母斜长花岗岩; 10 为弱绢云母化黑云母斜长花岗岩; 11 为强蚀变黑云母斜长花岗岩。
主成分由李荪蓉分析, 微量元素由漆亮分析(ICP-MS)。

个矿段延长在 2 000~3 000 m 之间。

金属矿物除方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和黄铁矿外, 还存在毒砂、磁黄铁矿、黝锡矿和锡石等次要矿物, 已发现的银矿物主要有自然银、螺硫银矿、深红银矿、淡红银矿、锑银矿、黑硫银锑矿、火硫锑银矿、脆银矿、辉锑铅银矿及银黝铜矿等。非金属矿物以石英为主, 少量方解石、锰菱铁矿、绢云母及绿泥石。此外, 矿体浅部还存在菱锌矿、软锰矿、褐铁矿、孔雀石和黄钾铁矾等氧化矿物。围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化, 锰碳酸盐化和绿泥石化主要见于西部矿段, 硅化则存在于整个矿床。绢云母化蚀变作用使花岗岩 Na₂O 含量降低, K₂O 含量升高, 锰碳酸盐化使岩石 MnO 含量升高, 绿泥石化使岩石 FeO 含量升高。当硅化不明显时, 蚀变作用使花岗岩 SiO₂ 含量明显降低(表 1)。

该矿床除主元素 Cu、Pb、Zn、Ag 外, 还富集 Cd 1 800 t、In 400 多 t、Ga 300 t、Sn 3 000 多 t, Sn 主要以锡石和黝锡矿存在, Cd、In、Ga 主要存在于闪锌矿中^[7]。由西向东矿石中 Sn 和 In 减少, Ag 和 Ga 增高。该矿床发育一套中、高温矿物和元素组合, 尽管尚未获得确切的成矿温度资料, 但从矿物组合及其元素分布特点来看, 成矿温度应该是西高东低, 成矿流体是从西(深部)向东(浅部)运移的。

2 铅同位素组成及其铅的来源

2.1 样品及分析结果

从孟恩花岗岩体的两类花岗岩(黑云母斜长花

岗岩和白云母斜长花岗岩)各选择了 3 个样品, 这些岩石采自矿区远离矿体部位, 显微镜鉴定证实岩石新鲜未蚀变。将岩石破碎至 0.2~0.3 mm, 在体视显微镜下手工挑选出斜长石。为了查明杜尔基富钾黑云母花岗岩与矿床的关系, 我们也选择了 3 个样品, 以同样的方法从中挑选出正长石。长石样品经 X 射线检验, 纯度为 95%~98%, 其中有少量石英, 可以满足铅同位素组成分析要求。同时对孟恩岩体的黑云母斜长花岗岩和白云母斜长花岗岩及杜尔基燕山期花岗岩各选取 1 个全岩样品。

13 个方铅矿样品中 8 个样品采自主矿段中脉群和上脉群不同矿体的不同矿石类型, 5 个样品采自白查于矿段的铅锌矿石, 样品经严格提纯, 纯度达到了 99%。

25 个样品中 17 个样品的化学前处理工作由中国科学院地球化学研究所彭建华工程师完成, 在中国科学院地质研究所 VG-354 型质谱仪上完成铅同位素组成测定, 分析结果见表 2。监控用标准样为 NBS 981, 测定结果: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.923 \pm 0.003$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.467 \pm 0.003$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.733 \pm 0.006$, 铅空白值为 1 ng, 并以此对所有样品进行了校正。分析结果显示, 方铅矿和长石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差小于 ± 0.004 , $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差小于 ± 0.004 , $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差小于 ± 0.006 , 而全岩样品的分析误差略高, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差在 ± 0.006 以内, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差在 ± 0.006 以内, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 误差在 ± 0.09 以内。其余 8 个样品在宜昌地质矿产研究所 VG-261 质谱仪上完成测试, 分析精度与 VG-354 基本相同。

表2 孟恩陶勒盖矿床的铅同位素组成

Table 2 Lead isotopic composition of the Meng'entaolegai deposit

类型	样品号	岩性	采样位置	测试对象	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb ± 2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb ± 2σ	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb ± 2σ
燕山期	M-44	富钾黑云母花岗岩	杜尔基火车站	正长石	18.742 ± 4	15.588 ± 3	38.858 ± 5
	M-45	富钾黑云母花岗岩	杜尔基火车站	正长石	18.702 ± 3	15.557 ± 2	38.712 ± 6
	M-46	富钾黑云母花岗岩	杜尔基西山采石场	正长石	18.679 ± 3	15.571 ± 3	38.905 ± 5
	M-47	富钾黑云母花岗岩	杜尔基西山采石场	全岩	19.445 ± 6	15.607 ± 5	38.932 ± 9
海西期	M-10	黑云母斜长花岗岩	矿区15线	斜长石	18.491 ± 4	15.537 ± 2	38.077 ± 5
	M-18	黑云母斜长花岗岩	矿区北部白查干矿段	斜长石	18.593 ± 4	15.567 ± 3	38.395 ± 5
	M-18-2	黑云母斜长花岗岩	矿区北部白查干矿段	斜长石	18.518 ± 3	15.518 ± 2	38.143 ± 6
	M-16	白云母斜长花岗岩	79线11号脉围岩	斜长石	18.605 ± 3	15.550 ± 2	38.145 ± 5
	M-11	白云母斜长花岗岩	15线1号脉远矿围岩	斜长石	18.497 ± 2	15.553 ± 2	38.173 ± 4
	M-40	白云母斜长花岗岩	B5中段1号脉群围岩	斜长石	18.460 ± 4	15.514 ± 3	38.003 ± 5
	M-10	黑云母斜长花岗岩	15线1号脉远矿围岩	全岩	19.197 ± 5	15.588 ± 4	38.453 ± 7
	M-40	白云母斜长花岗岩	B5中段1号脉群围岩	全岩	19.309 ± 6	15.575 ± 4	38.462 ± 8
矿石	M-2	粗粒方铅矿矿石	96线8号脉	方铅矿	18.137 ± 2	15.421 ± 1	37.713 ± 4
	M-3	粗粒铅锌矿石	100线8号脉	方铅矿	18.203 ± 3	15.488 ± 2	37.878 ± 4
	M-12	粗粒方铅矿矿石	47线11号脉	方铅矿	18.308 ± 3	15.564 ± 2	38.116 ± 5
	M-14	铅锌矿石	63线11号脉	方铅矿	18.216 ± 2	15.461 ± 2	37.845 ± 3
	M-33	块状闪锌矿矿石	1号脉群.135中段	方铅矿	18.242 ± 2	15.522 ± 2	37.925 ± 3
	M-34	含菱铁矿的铅锌矿石	1号脉群.135中段	方铅矿	18.131 ± 3	15.437 ± 2	37.690 ± 4
	M-36	含铜锌矿石	1号脉群.135中段	方铅矿	18.155 ± 4	15.430 ± 3	37.710 ± 5
	M-41	细粒铅锌矿石	B5中段1号脉群围岩	方铅矿	18.283 ± 2	15.540 ± 2	37.945 ± 5
	M-43	黄铜矿闪锌矿矿石	B5中段1号脉群围岩	方铅矿	18.239 ± 2	15.498 ± 2	37.892 ± 4
	M-19	细粒方铅矿石	白查干矿段	方铅矿	18.191 ± 3	15.467 ± 3	38.109 ± 5
	M-21	铅锌矿石	白查干矿段	方铅矿	18.251 ± 3	15.440 ± 2	37.718 ± 5
	M-24	富锌矿石	白查干矿段	方铅矿	18.224 ± 2	15.429 ± 2	37.731 ± 4
	M-28	花岗岩中闪锌矿脉	白查干矿段	方铅矿	18.179 ± 2	15.452 ± 2	37.824 ± 4

2.2 铅同位素组成及铅的来源

2.2.1 海西期两类花岗岩的铅同位素组成

从表2可以看出,黑云母斜长花岗岩和白云母斜长花岗岩虽然是不同期次侵入的产物,但二者具有完全相同的铅同位素组成,长石铅同位素组成明显低于全岩铅同位素组成,6个斜长石样品的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb为18.460~18.605, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb为15.514~15.567, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb为38.003~38.395, 2个全岩样品的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb为19.197~19.309, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb为15.575~15.588, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb为38.453~38.462。一般来说,全岩铅同位素组成的增高是由于放射性元素衰变产生的放射成因铅所致。长石铅同位素组成的一致性可能预示着两类花岗岩是同源岩浆分异不同期次侵入的产物。

孟恩花岗岩研究程度较低,目前还未见有关该岩体成因的报道。在Zartman *et al.* [9]的铅演化图(图3)中,长石样品分布集中,位于造山带铅演化线下方,

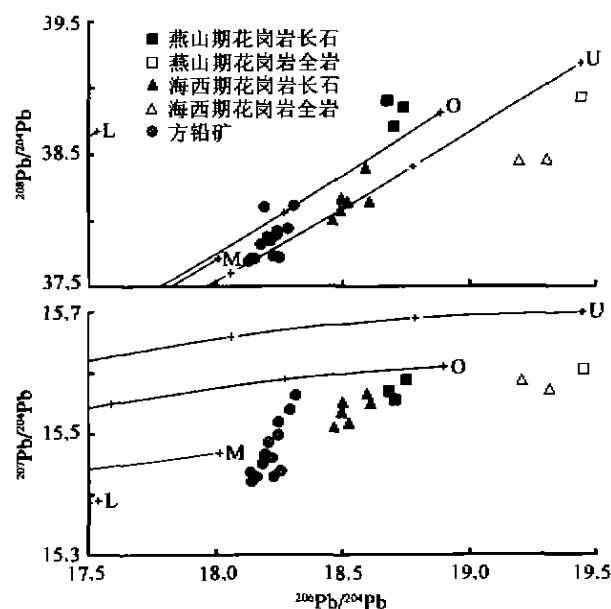


图3 孟恩陶勒盖矿床铅同位素组成

Fig. 3 Lead isotopic composition of the Meng'entaolegai deposit M. 上地幔铅; L. 下地壳铅; O. 造山带铅; U. 上地壳铅。铅演化线据 Zartman *et al.* [9]。

说明海西期花岗岩铅具有一定的幔源成分, 但受到了地壳组分的混染。

2.2.2 燕山期花岗岩的铅同位素组成

燕山期花岗岩体位于矿区西部外围, 距矿区 15 km, 称为杜尔基花岗岩岩体。与孟恩花岗岩不同, 杜尔基岩体以黑云母钾长花岗岩为主, 长石以正长石为主, K_2O 含量明显大于 Na_2O 含量, 岩石中成矿元素含量与孟恩花岗岩接近, 但铅主要存在于正长石中(正长石含 Pb 一般为 50~130 $\mu\text{g/g}$), 有趣的是, 正长石蚀变后, Pb 含量都有不同程度的降低, 蚀变越强, 降低的幅度越大。

一般来说, 位于 15 km 以外的花岗岩提供成矿物质的可能性不大。但是该矿床控矿断层西部被掩埋, 是否与燕山期岩体相通不得而知。因此, 我们选择了 4 个岩石样品分析了 3 个正长石和 1 个全岩样品的铅同位素组成, 结果如表 2 所示。尽管样品数偏少, 但也可以看出铅同位素组成的变化情况。3 个长石样品具有比全岩低得多的铅同位素比值, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.679~18.742, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.557~15.588, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.712~38.905, 无论是长石还是全岩, 铅同位素比值都略高于孟恩海西期花岗岩, 但从整体来看, 它们具有类似的同位素组成(图 3)。

2.2.3 矿石铅同位素组成及铅的来源

矿石铅同位素组成的测定对象为不同类型矿石中的方铅矿, 分析结果见表 2。

13 个方铅矿样品具有非常均一的铅同位素组成, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.131~18.308, 极差为 0.177, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.421~15.564, 极差为 0.143, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.690~38.116, 极差为 0.406。从图 3 可以看出, 所有方铅矿样品都位于上地幔铅演化线的端点附近, 具有地幔铅同位素组成特点。

由矿石铅同位素组成与花岗岩长石铅同位素组成的对比可以发现, 方铅矿三组铅同位素比值明显低于海西期和燕山期花岗岩长石的铅同位素组成。经 ICP-MS 分析, 长石中未检测出 U、Th, 说明长石形成后铅同位素组成并未受放射成因铅的影响, 可以代表长石结晶时岩浆的铅同位素组成。由此不难看出, 矿石铅既不是由海西期酸性岩浆提供的, 也不是由远离矿体的燕山期岩浆提供的。在地质上, 以下几点也不支持孟恩花岗岩浆提供铅: (1) 矿体由花岗岩基中心部位的断裂控制, 成矿明显晚于赋矿主岩的成岩时代; (2) 岩浆热液矿体一般位于岩体靠顶部边缘部位或接触带部位甚至进入围岩中, 岩体中心部位很难形成同期热液矿床; (3) 形成铅锌多

金属矿床的岩浆岩绝大多数为小岩体, 而孟恩岩体出露面积达 400 km^2 以上。

王秀璋等^[1]、张乾等^[4]曾认为产于岩浆岩体内部的矿床有可能是岩浆岩经后期改造形成的。那么, 孟恩陶勒盖矿床是否就是这种改造型矿床? 形成岩浆岩型改造矿床的前提条件是成矿物质来自已固结的岩浆岩, 一般通过淋滤溶解等方式进入成矿流体。在淋滤条件下, 放射成因铅最易进入溶液^[10,11], 林尔为等^[12]的实验研究结果显示, 岩石中淋滤出来的铅比全岩本身具有更高的铅同位素比值。由此判断, 该矿床的铅也不是由成岩后的花岗岩所提供。从花岗岩蚀变后铅含量的明显增高(表 1)可以推测, 成矿流体带来的铅进入了矿体附近的花岗岩。

从方铅矿在图 3 中位于上地幔铅演化线附近的分布特点判断, 矿石铅有来自上地幔的可能。矿区存在不同期次的煌斑岩脉、辉绿岩脉和闪长岩脉, 有些切割矿体, 说明其形成晚于矿体的形成, 有些略早于或与矿体同时形成(被矿化), 这些岩脉的存在说明, 海西期孟恩花岗岩形成之后, 矿区发生过幔源岩浆活动, 大规模的幔源岩浆岩可能在深部, 为该矿床的形成提供了成矿物质。

3 结 论

(1) 孟恩陶勒盖多金属矿床具有均一且类似于地幔的铅同位素组成, 与赋矿的海西期黑云母斜长花岗岩、白云母斜长花岗岩及矿区外围燕山期花岗岩的铅同位素组成明显不同。矿石铅既不是这两期岩浆分异而来, 也不是这两期岩浆岩改造的产物。

(2) 根据铅同位素组成特点, 矿石铅可能来源于上地幔。幔源煌斑岩脉及辉绿岩脉的存在为地幔铅参与成矿提供了地质证据。

(3) 从铅的来源可以认为, 矿床虽然产在岩浆岩体内部, 岩浆岩只不过是矿床的寄主, 矿床成因与岩浆岩并无直接的联系。

参考文献(References):

- [1] 李荫清. 吉林海沟金矿床成矿流体的地球化学特征[J]. 地质学报, 1994, 68(1): 48~61.
Li Yun-qing. Geochemical characteristics of the ore-forming fluid from the Haigou gold deposit in Jilin Province [J]. Acta Geol Sinica, 1994, 68(1): 48~61 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王鹤年, 杨建文, 陈辉琪. 广东庞西洞银矿床的地球化学研究[J]. 矿床地质, 1992, 11(2): 179~187.

- Wang He-mian, Yang Jian-wen, Chen Hu-qi. A study on geochemistry of the Pangxidong silver deposit in Guangdong Province [J]. *Mineral Deposits*, 1992, 11(2): 179 ~ 187 (in Chinese with English abstract).
- [3] 王秀璋, 程景平, 张宝贵, 等. 中国改造型金矿床地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1992. 1 ~ 15.
- Wang Xiu-zhang, Cheng Jing-ping, Zhang Bao-gui, et al. *Deformed Gold Deposits in China* [M]. Beijing: Science Press 1992. 1 ~ 15 (in Chinese).
- [4] 张乾, 潘家永. 火成岩断裂带中金、银矿床的火成改造成因作用 [J]. *地质地球化学*, 1996, (1): 67 ~ 71.
- Zhang Qian, Pan Jia-yong. Igneous-deformed mineralization of the Au-Ag deposits occurring in faults of the igneous rocks [J]. *Geology-Geochemistry*, 1996, (1): 67 ~ 71 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王义文. 胶东西北部地区金矿床铅同位素特征及其意义 [J]. *长春地质学院学报*, 1988, (3): 277 ~ 286.
- Wang Yi-wen. Characteristics and significances of the lead isotopic compositions from the gold deposits in the north-western district of East Shandong [J]. *J Changchun Univ Sci Tech*, 1988, (3): 277 ~ 286 (in Chinese with English abstract).
- [6] 涂光焯, 等. 中国超大型矿床 (I) [M]. 北京: 科学出版社, 2000. 504 ~ 522
- Tu Kuang-chih, et al. *Super-Large Deposits in China (I)* [M]. Beijing: Science Press, 2000. 504 ~ 522 (in Chinese).
- [7] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991. 351 ~ 499.
- Geology and Mineral Resource Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region. *Regional Geology of Inner Mongolia Autonomous Region* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991. 351 ~ 499 (in Chinese).
- [8] Zhang Qian, Zhan Xin-zhi, Pan Jia-yong, et al. Geochemical enrichment and mineralization of Indium [J]. *Chinese J Geochem*, 1998, 17(3): 221 ~ 225.
- [9] Zartman R E, Deo B R. Plumbotectonics - The model [J]. *Tectonophysics*, 1981, 75: 135 ~ 162
- [10] Andrew W M, Pablo M, Anne P L, et al. Lead isotope provinces of the Central Andes inferred from ores and crustal rocks [J]. *Econ Geol*, 1990, 85(8): 1 857 ~ 1 880
- [11] Nie F J. Lead and sulfur isotope of the Wulashan quartz-K feldspar and quartz vein gold deposit, Southwestern Inner Mongolia [J]. *Econ Geol*, 1994, 98: 1 289 ~ 1 305.
- [12] 林尔为, 郭裕嘉. 冀东金矿集中区的铅同位素研究 [J]. *长春地质学院学报*, 1985, (4): 1 ~ 10.
- Lin Er-wei, Guo Yu-jia. Study of the lead isotopic compositions of the gold deposit centralized district in East Hebei Province [J]. *J Changchun Univ Sci Tech*, 1985, (4): 1 ~ 10 (in Chinese with English abstract).

Lead isotopic composition and lead source of the Meng'entaolegai Ag-Pb-Zn-In deposit in Inner Mongolia

ZHANG Qian, ZHAN Xin-zhi, QIU Yu-zhuo, SHAO Shu-xun, LIU Zhi-hao

(Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Meng'entaolegai deposit is occurred in the center of the Hercynian granite batholith which consists of biotite plagioclase-granite and muscovite plagioclase-granite. The vein-type ore bodies are controlled by the east-west trend faults. The main useful constituents of the deposit are Pb, Zn, Cu, Ag associated with Sn, In, Ga and Cd, etc. Lead isotopic composition of the ore is different from those of the ore-hosted Hercynian granite and the Yanshanian granite outside the ore region. Lead of the ore is neither derived from the magmatism nor from the reformation of these granite rocks. There are two probable sources of the ore lead. One is the mantle magmatism. It is possible that there is a mantle-source magmatic rock in depth of the ore region. Another source is the Precambrian basement metamorphic rocks in the region.

Key words: polymetallic deposit; geological characteristics; lead isotopic composition; lead source; Inner Mongolia Autonomous Region