新疆哈密马庄山金矿床的硫和铅同位素特征*

Sulfur and Lead Isotopic Features of the Mazhuangshan Gold Deposit in Hami District, Xinjiang, China

江思宏 聂凤军 刘 妍

（中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037）

Jiang Sihong, Nie Fengjun and LiuYan

（Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China）

摘 要 马庄山金矿床是我国西北地区较为著名的中型金矿床，矿化呈脉状和浸染状在次火山岩体内产出。本文对该金矿床的硫和铅同位素进行了较为系统的研究。研究结果表明，矿石中金属硫化物的 $\delta^{34}S$(‰)值变化范围为 5.5～7.2，与岩浆岩硫同位素值相似；而矿石与石英斑岩铅同位素样品投点分布范围较为接近，均位于造山带铅演化线附近，暗示了金成矿作用与次火山作用具密切的成因联系，由此可见，马庄山金矿床的成因属与次火山岩有关的金矿床。

关键词 硫同位素 铅同位素 金矿床 马庄山 新疆

马庄山金矿床位于我国西北甘肃和新疆两省区交界处，是 20 世纪 80 年代初由甘肃省地矿局物探队通过圈定化探异常发现的一处中型金矿床。该金矿床独特的地质特征历来为广大矿床地质工作者所关注，有关文献资料俯拾皆是（陈世忠等，2000；李华芹等，1999；唐俊红等，1999；周济元等，1998；靖军等，1997；曾长华等，1997；赵安生等，1993；崔惠文，1993；陈贵林，1991；李志琛，1990；植起汉等，1989；朱谷昌等，1989；甘肃省地质矿产局酒泉地质矿产调查队三分队，1988❶）。本文在前人工作的基础上，对该矿床的硫、铅同位素特征进行了较为系统的研究，目的旨在进一步探讨该矿床成矿物质来源及其成因，为区域金矿床的找矿勘查工作提供理论依据。

1 成矿地质背景

研究区位于哈萨克斯坦板块红石山－黑鹰山地体西南边界附近（刘雪亚等，1995），区域范围内除了出露有下石炭统白山组海相火山-沉积岩外，还分布有少量前寒武纪变质岩和侏罗-白垩系陆相火山岩及碎屑岩。其中白山组中酸性火山岩与金矿床具密切空间分布关系。另外，区域断裂构造发育和侵入岩分布广泛。

矿区范围内出露的地层为下石炭统白山组火山-沉积岩，其上部为紫红色流纹岩、钙质砂质绢云板岩夹含砾凝灰质砂岩和灰岩透镜体，下部为灰绿色英安岩，英安质含砾凝灰岩，晶屑凝灰岩，底部为安山岩。地层总体走向 50 ° 左右，倾向南东，倾角 30～70 ° 。

矿区内断裂构造分布广泛，其中以 NE 向压扭性断裂最为发育，挤压片理化带长 2 km 以上，宽约 20～150 m。NW、EW 和近 SN 向断裂是矿区内的控矿断裂。

矿区范围内次火山岩主要为石英斑岩和流纹斑岩，深成侵入岩为钾长花岗岩，其中次火山岩为马庄山

* 本文得到了国家自然科学基金（40073015）、科技部国家科技攻关项目 （2001BA609A - 03）和国土资源大调查项目（K1.3.32）的联合资助
第一作者简介 江思宏，男，1968 年生，在职博士研究生，副研，主要从事贵金属矿床地质学、同位素地质学研究。
❶甘肃省地质矿产局. 中华人民共和国区域地质调查报告－坡子泉幅、破城山幅（1/5 万）（矿产部分）. 1988.

金矿床的主要赋矿围岩。

2　矿体地质特征

金矿体主要由含金石英脉和含金次生石英岩组成，多呈脉状和透镜体状产出，明显受压扭性和张扭性断裂控制。矿体一般为近 EW、NE 和 NW 走向，倾向 NE、SN 和 SE 向，倾角 35～80 °，长 50～900 m，厚度 1～4 m，最厚处为 15.5 m，倾斜延深大于 100 m，最大延深超过 300 m。

金矿石自然类型有两种：一种为含金石英脉，另一种为含金次生石英岩。矿石构造以块状、浸染状、条带状构造为主。矿石中金属矿物主要有黄铁矿，次为黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、铁闪锌矿、毒砂、赤铁矿和褐铁矿，金银矿物有银金矿和自然金。脉石矿物主要有石英，次为绢云母、方解石和叶蜡石。

自然金以粒状为主，次为片状、树枝状及不规则粒状，粒径多在 0.001～0.01 mm 之间，个别可达 0.04 mm，多嵌布于石英、黄铁矿和褐铁矿边缘或晶隙中。赋存状态以裂隙金为主，其次为晶隙金和包裹金。

矿体中金含量变化范围一般（3～9）×10^{-6}，最高值为 88.96×10^{-6}，银含量为（20～40）×10^{-6}，最高值为 287×10^{-6}，局部地段铅、锌和砷含量亦可达工业边界品位。

围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化和叶蜡石化，其中硅化与金矿化具密切空间分布关系。

3　硫和铅同位素特征

3.1　硫同位素特征

马庄山金矿床硫化物硫同位素测定结果及特征比值见表 1，由表可知，黄铁矿 δ^{34}S 值变化范围为 5.5‰～7.2‰，与靖军等（1997）所获硫同位素分析结果基本一致，硫化物这种较低的正 δ^{34}S 值与岩浆硫同位素值较为近似，但比岩浆的 δ^{34}S 值高 1.5‰～3.2‰。

表 1　马庄山金矿床矿体中硫化物的硫同位素组成

序号	样品编号	样品名称	δ^{34}S/‰	资料来源	序号	样品编号	样品名称	δ^{34}S/‰	资料来源
1	MZS7-B1	黄铁矿	7.2	本文	7	95008	黄铁矿	6.24	靖军等，1997
2	MZS7-B3	黄铁矿	6.5		8	95010	黄铁矿	6.14	
3	MZSK-B9	黄铁矿	6.1		9	95012	黄铁矿	5.91	
4	MZSK-B10	黄铁矿	5.5		10	95023	黄铁矿	5.95	
5	MZSK-B12	黄铁矿	5.9		11	95026	黄铁矿	5.57	
6	MZSK-B13	黄铁矿	6.4		12	95074	黄铁矿	6.22	

注：序号 1～6 样品测试由中国地质科学院矿产资源研究所稳定同位素实验室完成

3.2　铅同位素特征

本次研究过程中对马庄山金矿床硫化物及容矿围岩进行了较系统的 Pb 同位素测量，结果见表 2。尽管陈世忠等（2000）曾对马庄山金矿床进行过 Pb 同位素研究，但是数据较少，而且由于没有给出原始测量数据，因此很难再次利用。由表 2 可知，流纹岩和石英斑岩均以富含放射性成因 Pb 为特征，其 ^{206}Pb/^{204}Pb 分别变化于 20.049 和 18.575～19.060；^{207}Pb/^{204}Pb 分别为 15.579 和 15.517～15.541；^{208}Pb/^{204}Pb 分别为 40.118 和 38.275～39.035，模式年龄均为负值，μ值分别为 9.38 和 9.29～9.34。由此可见，石英斑岩中的 Pb 同位素组成变化不大，反映了其 Pb 的来源比较单一。

矿石中硫化物的放射性成因 Pb 含量相对较低，其 ^{206}Pb/^{204}Pb 值变化范围为 18.301～18.465，平均值 18.361；^{207}Pb/^{204}Pb 变化范围为 15.546～15.620，平均值 15.565；^{208}Pb/^{204}Pb 变化范围为 38.128～39.031，平均值 38.614，模式年龄为 32～234 Ma，μ 值为 9.47～9.78。这说明，硫化物 Pb 同位素组成及其特征值变化范围不大，Pb 的来源较为单一。

表 2 马庄山金矿床硫化物及容矿围岩的铅同位素组成及特征值

样品编号	样品名称	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	模式年龄/ Ma	μ
MZS7-B1	黄铁矿	18.418	15.560	38.175	68	9.50
MZS7-B3	黄铁矿	18.465	15.560	38.128	32	9.49
MZSK-B9	黄铁矿	18.309	15.546	38.781	123	9.47
MZSK-B10	黄铁矿	18.301	15.552	38.784	142	9.49
MZSK-B12	黄铁矿	18.301	15.549	38.787	135	9.48
MZSK-B13	黄铁矿	18.369	15.620	39.031	234	9.78
MZS9-B4	流纹岩	20.049	15.579	40.118	负值	9.38
MZSK-B2	硅化蚀变岩	19.237	15.546	38.900	负值	9.32
MZS7-B2	石英斑岩	19.060	15.533	39.035	负值	9.29
MZS9-B3	石英斑岩	18.907	15.541	38.681	负值	9.34
MZS9-B2	石英斑岩	18.575	15.517	38.275	负值	9.29

测试单位：核工业地质分析测试研究中心

在 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 对 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 对 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 图（图 1）中，矿石硫化物样品投绘点均位于造山带附近，说明矿石中 Pb 主要来自造山带，同样，石英斑岩的铅同位素投绘点分布范围与金矿石相近，暗示了金矿成矿作用与次火山作用具密切的成因联系。

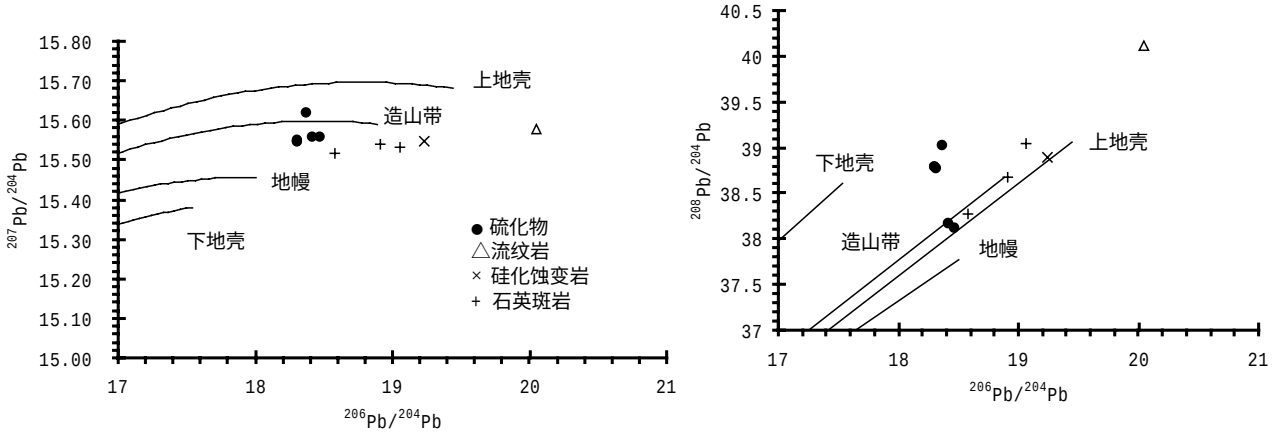


图 1 马庄山金矿床的 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 对 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 对 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 构造模式图

（据 Zartman 等，1988）

4 讨论与结论

上述硫和铅同位素研究结果表明，马庄山金矿床的硫主要来自于岩浆热液，而铅主要与次火山岩有关。马庄山金矿床中大多数金矿体产在石英斑岩体中，矿体的形成时代与矿区内次火山岩的侵位年龄非常接近（李华芹等，1999）。因此，种种迹象表明，该金矿床金的成矿作用主要与矿区内次火山岩的岩浆侵入活动有关，马庄山金矿床属次火山岩型金矿床。

参 考 文 献

陈贵林. 1991. 马庄山异常元素组合及金矿的发现[M]. 地球化学探矿实例（第四辑）.北京：地质出版社. 60～65.

陈世忠, 周济元, 顾连兴, 等. 2000. 新疆哈密马庄山金矿成矿流体成因及金沉淀机制的探讨[J]. 矿床地质, 19（3）：193～200.

崔惠文. 1993. 马庄山金矿地质特征及构造应力场研究[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊, （2）：44～52.

胡霭琴, 张国新, 李启新,等. 1995. 新疆北部主要地质事件同位素年表[J]. 地球化学, 24（1）：20～31.

靖 军, 徐 斌. 1997. 马庄山金矿地质特征及成矿地球化学条件[J]. 新疆地质, 15（4）：327～341.

李华芹, 陈富文, 蔡红, 刘后群. 1999. 新疆东部马庄山金矿成矿作用同位素年代学研究[J]. 地质科学, 34（2）：251～256.

李志琛. 1990. 马庄山、南金山金矿床成因类型和成矿机理的探讨[J]. 甘肃地质科技情报, （1）：33～35.

刘雪亚, 王荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化[J]. 地学研究,第 28 号: 37～48.

唐俊红, 郭清宏. 1999. 马庄山金矿床中石英特征与金矿化的关系[J]. 甘肃地质学报, 8（1）：66～71.

曾长华, 陈建满, 李晓晨. 1997. 新疆马庄山金矿控矿地质条件及其成因浅析[J]. 黄金地质, 3（4）：55～63.

赵安生, 李景春. 1993. 甘肃北山北带金矿区域成矿特征[J]. 贵金属地质, 2（2）：104～109.

植起汉, 朱谷昌, 郑献华. 1989. 马庄山金矿区多源找矿信息分析[J]. 遥感与地质, （2）：20～24.

周济元, 曾长华, 崔炳芳, 肖惠良, 陈世忠. 1998. 新疆哈密马庄山金矿区次火山岩及其地球化学特征[J]. 火山地质与矿产, 19（2）：93～103.

朱谷昌, 植起汉. 1989. 马庄山地区线性体特征统计分析方法及应用[J]. 遥感与地质, （2）：25～29.

Zartman, R Z and Haines S M. 1988. The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs—A case for bi-directional transport[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52, 1327～1339..