

太平洋三海区热液烟囱物的地球化学和 氧同位素标型特征研究

吴世迎, 刘焱光, 白黎明, 吴军瑞

(国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 以成因矿物学的理论和方法, 运用电子探针、中子活化、常规化学分析和稳定同位素分析等多种地球化学实验测试技术, 比较系统地研究了太平洋三区四地热液烟囱物的地球化学组成和其变化, 揭示了研究区不同热液喷发类型中的地球化学标型特征。由此反证了不同标型特征的热液矿物与热液喷发环境相互依存的紧密关系。

关键词: 地球化学; 热液烟囱物分析; 氧同位素; 标型特征; 太平洋

中图分类号: P736.4; P734.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-2997(2003)01-275-03

化学成分是矿物最本质的因素之一, 它的变化与形成条件有密切关系, 是信息量最大的标型特征^[1]。本工作以西太平洋弧后盆地的冲绳海槽和马里亚纳海槽, 马里亚纳岛弧及东太平洋加拉帕戈斯裂谷三区四地的热液硫化物为研究对象, 主要依据电子探针、中子活化、常规化学分析和稳定同位素测试资料, 研究对比热液烟囱物中黄铁矿及其伴生矿物为主的地球化学标型特征, 揭示不同热液类型中的热液矿物与热液喷发环境相互依存的紧密关系。

1 热液烟囱物的电子探针分析结果

电子探针共进行 13 件样品 126 点探测。探针的数据中 S 为含量最大的元素, 有 2/3 探点数据在 50% 以上。Fe 为第二最大含量的元素, 基本上在 40% ~ 58%, 绝大多数集中于在 45% 左右。S、Fe 的高含量证明大多数探点的矿物成分为黄铁矿、白铁矿等铁硫矿物。表明研究区热液烟囱物中的金属矿物主要为黄铁矿、白铁矿等铁硫矿物。

在加拉帕戈斯裂谷区, Fe 含量较少的探点, Cu 含量普遍较高, 如 GAL-1 试样基本上在 1% ~ 8%, 而 GAL-2 试样多在 35% 以上, 最高可达 56.09%。同时, 在 GAL-1 和 GAL-2 试样中, 部分探点的 Zn 含量可达 1.08% ~ 2.21%。可视为加拉帕戈斯裂谷热液硫化物中, 除富含黄铁矿外, 黄铜矿也很丰富, 并有一定量的闪锌矿; 马里亚纳岛弧中的火山热液产物, 除富含黄铁矿外, 也有一定量的闪锌矿存在。这从前人资料^[2]和最近的扫描电镜照片中得以佐证(待发表)。

对比看, 在冲绳海槽 Zn 含量高的探点数据也占一定数量, 特别是 A30-4A 试样, Zn 含量探点数据高达 60% 以上, 最高达到 64.52%。另外, 该试样中 3 个探点 Pb 含量高达 85.10% ~ 86.35%, 个别探点 Cu 含量也达 8.82%, 8 个探点的 As 含量 1.0% ~ 1.18%, 说明冲绳海槽热液硫化物中, 除富含黄铁矿外, 闪锌矿也很丰富, 并有一定量的方铅矿、黄铜矿和砷(As)化物。同时, 考虑到中子活化所展示的冲绳海槽热液硫化物中的 Au、Ag 高含量, 足以体现冲绳海槽热液

收稿日期: 2002-09-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(498760160): 海底热液硫化物中黄铁矿的标型特征及其对比研究

作者简介: 吴世迎(1940~), 男(汉), 山东省青岛市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事海洋沉积和大洋矿产资源方面的研究

E-mail: shiyingwu@china.com



硫化物所具有的重要资源远景^[3]。

2 热液烟囱物的中子活化分析结果

中子活化共进行 7 件样品 32 种元素的探测。结果表明, 冲绳海槽热液烟囱物中稀有金属和部分稀土元素, 如 Au、Ag、As、Zr、W、Cr、Cs、Eu、Hf、Ir、Lu、Nd、Os、Rb、Re、Sb、Sc、Sr、Ta、Tb、Th、Yb, 甚至 Ca、K 等 24 种元素都较之马里亚纳海槽、马里亚纳岛弧及加拉帕戈斯裂谷要丰富的多。特别是冲绳海槽热液烟囱物中富含 Au、Ag 已引起了人们的关注。而 La、Sm、Co 元素则以马里亚纳海槽、马里亚纳岛弧较为富集; 加拉帕戈斯裂谷热液硫化物则表现为 U、Co、Mo 元素的较为富集, 从统计学上反映了不同海区的热液烟囱物的资源特点。

3 热液烟囱物的常规化学分析结果

用常规化学分析方法共进行了 20 件样品, 21 种常量和微量元素分析。

3.1 常量元素含量的分布

三区四地皆以 SiO_2 、 Fe_2O_3 为主, 分别在 17.88% ~ 93.44% 和 12.21% ~ 41.06% 变化; 而冲绳海槽、加拉帕戈斯裂谷, 以及马里亚纳岛弧大部 and 马里亚纳海槽个别站点的热液烟囱物样品, S 和烧失量也分别在 16.68% ~ 38.11% 和 10.77% ~ 46.06% 变化。马里亚纳岛弧火山热液产物的大部分站点, TiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 含量较其它海区偏高, 与基性和钙碱性岩浆喷发有密切关系^[4]。

3.2 微量元素的分布

其中 Cu、Zn 元素在冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷特别富集, 在马里亚纳岛弧火山热液产物中较为富集, 与电子探针的结果一致。Ba、Sr 元素在马里亚纳海槽和马里亚纳岛弧相对富集, V 元素在冲绳海槽和马里亚纳岛弧相对富集。

4 热液烟囱物的氧同位素标型特征及形成温度

运用稳定同位素方法研究海底热液活动和热液硫化物类型及形成环境, 是 20 世纪 80 年代发展起来的有效方法, 并已在东太平洋海隆、加拉帕戈斯断裂带^[5]和夏威夷海底火山区得到了很好应用。90 年代中德马里亚纳海槽海底热液

活动合作研究, 也分别进行了热液烟囱物的 δD 、 $\delta^{18}O$ 、 $\delta^{30}Si$ 、 $\delta^{34}S$ 稳定同位素研究^[6,7]。

本工作测试得出的 15 件试样 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值的最大值 2.95%, 最小值 0.70%。其中马里亚纳海槽数值最大, 平均 2.41%; 马里亚纳岛弧的埃斯梅拉尔达破火山口数值最小, 平均 1.07%; 冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷数值居中, 平均值分别为 1.73% 和 1.67%。

研究认为, 烟囱物试样颜色偏浅者, 矿物组成也基本以非晶质 SiO_2 组成的蛋白石为主, 氧同位素温度最低。而烟囱体颜色偏深, 试样偏黑色或比重偏大者, 矿物组成除蛋白石外, 还有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、白铁矿、重晶石等矿物, 其氧同位素温度则较高^[8]。如埃斯梅拉尔达破火山口、冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷试样皆反映了这种特点, 表明研究区不同海底热液活动性质和热液类型具有不同的标型特征。

马里亚纳岛弧上的埃斯梅拉尔达破火山口, 火山热液活动形成的热液产物和烟囱体, 富含大量中高温金属矿物, 氧同位素温度最高达 275℃, 表现出高温热液活动性质。冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷, 皆以黑烟囱喷发为代表, 但因测试试样部位靠近烟囱通道外表, 其氧同位素温度在 150℃ 波动, 显示出中高温类型特征。马里亚纳海槽海底热液烟囱物, 是非晶质 SiO_2 构成的蛋白石为主体的矿物类型, 氧同位素温度皆在 100℃ 以下, 近通道处的黄铁矿砂, 氧同位素温度超过 100℃, 代表了海槽区的中低温为主的热液活动性质。

5 结 论

(1) 探针的数据表明, 研究区热液硫化物中 S 为含量最大的元素, Fe 含量次之, Fe、S 的高含量证明热液烟囱物的金属矿物成分主要为黄铁矿、白铁矿等铁硫矿物, 黄铁矿参与了各种类型的热液矿化作用。

(2) 不论从电子探针还是中子活化, 以及常规化学分析, 冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷的化学标型(成分标型)皆显示了富含金属元素, 特别是富含 Cu、Zn 元素和一定量的 Au、Ag 贵金属, 构成了具有重要经济价值的潜在矿产资源。

(3) 运用氧同位素研究海底热液烟囱和热液硫化物, 以间接方式探究烟囱体的初始温度。马里亚纳岛弧上的埃斯梅拉尔达破火山口, 氧同位

素温度最高, 达 275 , 表现出高温热液活动性质; 冲绳海槽和加拉帕戈斯裂谷, 氧同位素温度在 150 波动, 显示出中高温类型特征; 马里亚纳海槽海底热液烟囱物, 是非晶质 SO_2 构成的蛋白石为主体的矿物类型, 氧同位素温度大都在 100 以下, 代表了中低温为主的热液活动性质。

致谢:

承蒙初凤友研究员和张德玉研究员分别提供部分热液烟囱样品, 中国地质科学院矿床地质研究所电子探针、 $\delta^{18}O$ 测试, 中国科学院高能物理研究所中子活化测试, 我所王相芹工程师 ICP 光谱和化学分析, 张道建作了部分前期工作, 笔者均深表感谢。

参考文献:

- [1] 陈光远 成因矿物学与找矿矿物学[M] 重庆: 重庆出版社, 1987.
- [2] Marchig V, Moller P, Backer H, et al Foraminiferal Ooze From the Galapagos Rift Area-Hy-

drothermal Impact and Diagenetic Mobilization of Elements [J] Marine Geology, 1985, 62: 85~104

- [3] Halbach P, Pracejus B, Marten A Geology and Mineralogy of Massive Sulfide Ores From the Central Okinawa Trough Japan [J] Economic Geology, 1993, 88: 2 210~ 2 225
- [4] 仲二郎ほか: 冲绳トラフ中軸部, 伊平屋海嶺の火山噴出物[R] 第五回しんかい2000 研究シンポジウム 報告書, 1989, 245~ 257.
- [5] Herzig PW, Becker KP, Stoffers P, et al Hydrothermal Silica Chimney Field in the Galapagos Spreading Center at 86°W [J] Earth Planet Sci Lett, 1988, 89: 261~ 272
- [6] Botz RW, Stoffers P. Isotopic Composition of Hydrothermal Precipitation From Mariana Trough [J] Marine Geology, 1992, 108: 239~ 243
- [7] 吴世迎 马里亚纳槽热液烟囱的显微构造及温度研究[J] 海洋学报, 1994, 16(2), 78~ 85.
- [8] 吴世迎, 刘焱光, 白黎明, 等 太平洋三海区热液烟囱物的氧同位素特征及形成温度[J] 黄渤海海洋, 2001, 19(3), 39~ 45.

The Geochemical and Oxygen Isotope Standard Type Characteristics of Hydrothermal Sulfide in Three Areas of the Pacific Ocean

WU Shiyang, LIU Yan-guang, BAILI Ming, WU Jun-rui

(First Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography, Qingdao 266061, China)

Abstract: Different geochemical testing technique, such as electron probe, neutron activation, conventional chemical and stable isotope analysis, are applied to determine the geochemical components and changes of hydrothermal chimney samples obtained from four areas of the Pacific Ocean. According to the theory and methods of genetic mineralogy, The geochemical standard type characteristics of these samples formed in different hydrothermal eruptions can be discovered. Therefore, it can come to the conclusion that hydrothermal minerals with different standard type characteristics have close relationship with the condition of hydrothermal eruptions.

Key words: geochemistry; analysis of hydrothermal chimney samples; oxygen isotope; standard type characters; the Pacific Ocean