

陕西凤县八卦庙金矿中的有机地球化学特征^{*}

Organic Geochemistry in Baguamiao Gold Deposit of Fengxian, Shaanxi

朱利东¹ 林 丽^{1,2} 付修根¹ 熊永柱¹ 庞艳春¹

(1 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2 成都理工大学博物馆, 四川 成都 610059)

Zhu Lidong¹, Lin Li^{1,2}, Fu Xiugen¹, Xiong Yongzhu¹ and Pang Yanchun¹

(1 College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2 Museum of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

摘 要 陕西凤县八卦庙金矿的有机地球化学研究表明, 该矿床中正烷烃的碳数分布和前寒武纪富藻燧石层中发现的有机藻丝残体中的正构烷烃分布范围特征相近; 无环类异戊二烯烃的碳数小于 25, 烷基环己烷系列化合物的碳数分布为 C₁₄—C₂₅ 之间, 长链三环萜烷化合物, 其碳数分布范围在 C₂₃—C₂₉ 之间, 均说明有机质母源为海相藻类生物。其次, 样品中所检测到的五环三萜烷和甾烷的组成也进一步反映了其有机质母源为藻类。另外, Pr/Ph 比值反映了其成矿环境为还原环境。

关键词 生物成矿 有机地球化学 八卦庙金矿

陕西凤县八卦庙金矿是近几年来发现的低品位的超大型近矿床, 也是我国首次发现的陆-陆碰撞造山带中的超大型金矿。该矿床与目前国内外已知的主要金矿床类型有一定的差异, 因而其成因引起许多学者的关注。于学元等 (1994) 认为该矿床是一种特殊的沉积变质型; 郑作平等 (1995) 认为这种特殊的新金矿床可能是秦岭印支褶皱带特定的构造环境下的衍生物; 而钟建华等 (1996) 则认为该金矿床是一种多成因复成矿床。笔者对八卦庙金矿床进行了实地考察, 结果发现, ①该矿床产出受泥盆纪地层控制, 并且该地层中留有类似生物结构的斑点结构; ②该含矿层有机质含量偏高, 并且碳质与矿体伴生。这就预示着生物或有机质在陕西凤县八卦庙金矿的形成过程中起着重要的作用。

1 矿床基本地质

八卦庙金矿床隶属于中秦岭华力西褶皱带内的凤县—镇安成矿小区。该带北与北秦岭加里东褶皱带相邻; 南侧为南秦岭印支褶皱带。区内最发育的是东西向断裂, 形成时代早, 规模大, 个别可深达地幔。

区内出露的地层有前泥盆系 (震旦系、寒武系和中-下奥陶系)、泥盆系和石炭系以及部分中生代地层, 缺失志留纪、二叠纪和三叠纪、侏罗纪沉积。泥盆系地层为该区的主要含矿层, 在区内出露较全, 分布较广, 从老到新依次可分为中-下泥盆统王家楞组 (D_{1-2w})、中泥盆统古道岭组 (D_{2g}) 和星红铺组 (D_{2x}) 和上泥盆统九里坪组 (D_{3j})。矿体呈层状、似层状或透镜状产于星红铺组地层中。

2 同位素地球化学特征

同位素地球化学分析表明, 八卦庙金矿床主成矿期形成的黄铁矿, 其 $\delta^{34}\text{S}$ (7.4‰~15.4‰) 与整个凤太地区泥盆纪地层中的 $\delta^{34}\text{S}$ (4.5‰~15.3‰) 分布非常接近, 表明其来源有所相同。矿体与围岩方解石的碳同位素组成几乎一致, 而 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值与海洋碳酸盐岩相近, 说明矿床的形成与泥盆纪地层有关。本矿床

^{*} 本研究受国家自然科学基金项目 (49973030、40172011)、地矿部青年地质学家基金项目 (Qn979820) 和四川省青年科技基金项目联合资助

铅同位素的 ψ 值模式年龄为 401 Ma 左右, 与含矿地层年龄接近。这些同位素地化特征表明, 矿床的形成与泥盆纪地层星红铺组地层有关。

3 有机地球化学特征

以上分析表明, 星红铺组地层可能既是赋矿层, 又是矿源层, 该层中有机质含量较高。为了进一步了解该含矿地层中的有机质组成特征, 笔者选择了八卦庙金矿区中的黑色斑点千枚岩和薄层状灰岩进行有机抽提和族组分分析, 含矿岩石有较高的氯仿沥青“A”含量, 薄层灰岩和黑色斑点千枚岩分别为 20.698×10^{-9} 和 32.520×10^{-9} 。氯仿沥青族组成中以总烃(饱和烃+芳烃)占优势, 重组分(非烃+沥青质)含量较低, 非烃+沥青质/总烃的值分别为 0.45 和 0.35。

另外把经过分离提纯后的饱和烃馏分送往中科院广州地球化学所进行色谱-质谱联机分析, 其生物标志物特征如下(图 1):

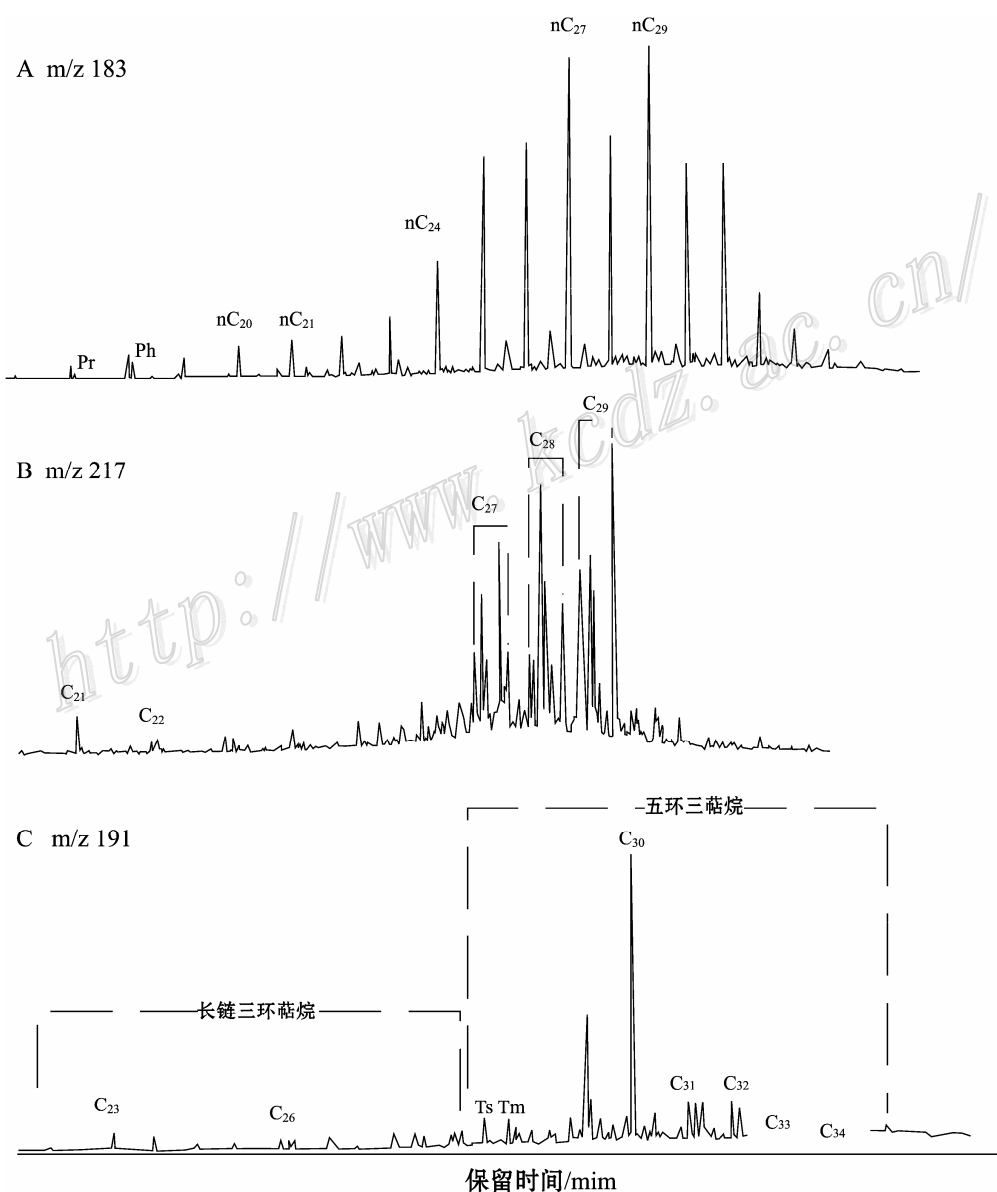


图 1 八卦庙金矿含矿千枚岩中饱和烃 m/z183、217、191 质量色谱图

3.1 正烷烃生物标志物分布特征

分析表明, 正烷烃的碳数分布范围在 C_{15} ~ C_{36} 之间, 主峰碳为 C_{27} , 具有高碳优势。 $\Sigma C_{22}^-/\Sigma C_{23}^+$ 的值为 0.546, CPI 的值为 1.1, OEP 值为 1.033, 不具明显的奇偶优势。

现在的一般观点认为 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{31} 高碳数为主的生物标志物代表陆源高等植物来源(蒋干清, 1992; Manning et al, 1993; Hu et al, 1995)。但高等植物来源的碳数奇偶优势高(达 10 左右), 而此地层的碳数奇偶优势不明显(1.033 左右)。吴庆余等(1986)在研究前寒武纪富藻燧石层中的生物标志物时发现有机藻丝残体中的正构烷烃分布范围在 C_{14} ~ C_{36} 之间, 主峰碳为 C_{29} , OEP 值为 1.005, 也无奇偶优势, 这与本文中的正构烷烃生物标志物特征十分相似; 陈庸勋(1986)则认为硅藻的生化组分中可能存在着高碳数的类脂物。因此可以判断, 八卦庙金矿地层中的有机质母源也为藻类低等植物。

3.2 无环类异戊二烯烃生物标志物分布特征

从八卦庙金矿地层中的含矿千枚岩的 $m/z183$ 质量色谱图(图 1-A)可以看出, 样品中有含相当的类异戊二烯烃。规则类异戊二烯烃有姥鲛烷 $Pr(iC_{19})$ 、植烷 $Ph(iC_{20})$, 可能还有降姥鲛烷(iC_{18})和碳数更低的化合物。

分析表明, 含矿地层中的千枚岩中的无环类异戊二烯烃的碳数都较低, 没有检测到高碳数 $C>25$ 的类异戊二烯烃。王启军(1984)认为 $C<25$ 的规则型类异戊二烯烃不仅主要来源于海相低等水生植物叶绿素的植醇侧链, 而且还与古细菌有关, 另外, 古细菌的细胞膜也是该类化合物的重要来源。由此可见, 含矿地层千枚岩中规则类异戊二烯烃的广泛出现说明有机质母源为海相藻类生物。另外, $Pr/Ph<1$, 这说明含矿地层形成于还原环境。

3.3 烷基环己烷系列生物标志物分布特征

$m/z82$ 、 83 质量色谱图中检测到部分烷基环己烷系列化合物, 其碳数分布在 C_{14} ~ C_{25} 之间, 以 C_{22} 为主。虽然烷基环己烷系列可能来源于多环烷烃的热解, 但更多地却能反应出母源意义。吴余庆(1986)在研究前寒武纪富藻燧石层中的生物标志物时, 也发现了烷基环己烷。由此可见, 含矿地层中烷基环己烷化合物的存在也有有力地说明有机质母源属于藻类等低等植物。

3.4 萜类化合物的生物标志物特征

在千枚岩的 $m/z191$ 质量色谱图上(图 1-C), 检测出了较为完整的长链三环萜烷化合物, 其碳数分布范围在 C_{23} ~ C_{29} 之间, 其含量都很少。 C_{26} 、 C_{28} 、 C_{29} 各带有两个光学异构体。

另外, 还检测出一类以藿烷结构为骨架的五环三萜烷。包括 C_{27} 的 $18\alpha(H)$ -三降新藿烷(Ts)和 $17\alpha(H)$ -三降藿烷(Tm), $17\alpha(H)$, 21β -三降新藿烷(C_{28}), $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -降藿烷(C_{29}), $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -藿烷(C_{20}), $17\beta(H)$, $21\alpha(H)$ -莫烷(C_{30}), $22S$ 和 $22R$ - $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -升藿烷(C_{31}), $22S$ 和 $22R$ - $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -二升藿烷(C_{32}), $22S$ 和 $22R$ - $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -三升藿烷(C_{33})等。

研究表明, 藿烷的母源主要存在于细菌和蓝绿藻中(王启军, 1984; 叶连俊, 1993)。由此可见, 含矿地层中广泛的藿烷系列, 标志其有机质母源为藻类生物。并且藻类生物主要为蓝藻。

3.5 甾类生物标志物分布特征

在千枚岩的 $m/z217$ 质量色谱图(图 1-B)上表明出的甾烷的组成较复杂。在低分子量部分有孕甾烷($C_{21}H_{36}$)和升孕甾烷($C_{22}H_{38}$); 规则甾烷中有丰富的胆甾烷($C_{27}H_{48}$)、麦角甾烷($C_{28}H_{50}$)和谷甾烷($C_{29}H_{52}$)。并且以 C_{27} 和 C_{29} 的胆甾烷和谷甾烷占优势。

大量资料表明, 海生生物(尤其是海生藻类生物)中富含 C_{27} 和 C_{29} 的甾醇(汤葵联, 1991; Disnar et al., 1990; Gize et al., 1993, 1994; Yin et al., 1992, 1999), 因而海相沉积物比非海相沉积的更富集甾族化合物。甾族化合物的大量出现, 一般认为与海相沉积有关。并且不同藻类含有不同特征的甾醇, 其中硅藻、褐藻和绿藻以富含 C_{29} 的甾醇为特征(王启军, 1984)。由此可见, 含矿地层中有丰富的甾烷分布及 C_{27} 、 C_{29}

为优势的特点, 标志着有机质母源与海生藻类有关。

4 结 论

通过对八卦庙金矿床含矿地层星红铺组中的有机地球化学的研究, 笔者得出如下几点认识:

(1) 八卦庙金矿床主要的矿源层为中泥盆统星红铺组地层。

(2) 地层中无论正构烷烃分布特征还是类异戊二烯烃、甾、萜类化合物的广泛出现及其组成特征, 都反映了八卦庙矿床中有机质为细菌、蓝藻和绿藻等的生物来源。同时, 有机质与矿石密切共生, 反映了生物和有机质在金矿的形成过程中起着重要的作用。另外, Pr/Ph 比值反映成矿环境为还原环境。

参 考 文 献

- 陈庸勋, 贝 丰, 宋振亚. 等. 1986. 云南腾冲盆地硅藻土中可溶有机质及生物标志物的初步研究. 贵阳: 贵州人民出版社. 10~20.
- 蒋干清. 1992. 生物成矿研究的现状与进展. 地质科技情报, (3): 45~50.
- 汤葵联. 1991. 生物成矿作用研究的一些进展. 国外地质科技, 7: 8~21.
- 王启军, 陈建渝. 1984. 石油地球化学. 武汉: 武汉地院油区地质教研室. 1~361.
- 吴庆余. 1986. 前寒武纪富藻燧石层中生物标志物. 中国科学院地球化学研究所开放实验室研究年报. 贵阳: 贵州人民出版社. 111~121.
- 叶连俊. 1993. 生物成矿作用研究. 北京: 科学出版社. 1~217.
- 于学元, 郭 健. 1996. 八卦庙大型金稀土元素地球化学研究. 地球化学, 25(2): 140~149.
- 郑作平, 于学元. 1996. 八卦庙金矿中含金石英脉的地球化学特征及意义. 岩石矿物学杂志, 15(4): 339~345.
- 钟建华, 张国伟. 1997. 陕西凤县八卦庙特大型金矿的成因研究. 地质学报, 71(2): 150~160.
- Disnar J R, et al. 1990. Organic matter in ore genesis: progress and perspectives. *Organic Geochemistry*, 16(1-3): 577~599.
- Gize A P and Barnes H L. 1994. Organic contributions to Mississippi Valley-type lead-zinc genesis. In: Fontboté L and Boni M, ed. *Sediment-hosted Zn-Pb ore deposits*. Berlin: Springer-Verlag. 13~26.
- Gize A P. 1993. The analysis of organic matter in ore deposits. In: Parnell J, Kucha H and Landais P, ed. *Bitumens in ore deposits*. Berlin: Springer-Verlag. 28~52.
- Hu M A and Disnar J R. 1995. Organic geochemical indicators of biological sulphate reduction in early diagenetic Zn-Pb mineralization: the Bois-Madame deposit (Gard, France). *Applied Geochemistry*, 10: 419~435.
- Manning D A C and Gize A P. 1993. The role of organic matter in ore transport processes. In: Engel M H and Macko S A, ed. *Organic Geochemistry: Principles and Applications*. New York: Plenum Press. 547~563.
- Yin H F, et al. 1999. The biometallogensis system. Wuhan: China Univ. of Geosciences Press. 288.