

[文章编号] 1671-9727(2004)05-0457-04

重庆城口黑色岩系中铂矿的 分子古生物学特征研究

杨文光¹ 林丽¹ 朱利东¹ 熊永柱² 庞艳春¹ 付修根¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 2. 中国科学院广州地球化学研究所)

[摘要] 重庆城口铂矿产于秦岭地槽与扬子准地台接合部位的城巴深断裂两侧的断块或岩体蚀变破碎带中, 含矿层为上震旦统一下寒武统黑色岩系。通过对城口铂矿进行实地考察, 发现含矿层有机质含量偏高, 并且碳质与矿体伴生, 预示着生物或有机质在城口铂矿的形成过程中起着重要的作用。测试出藁仿沥青族组成中总烃(饱和烃+芳烃)不占优势, 重组分(非烃+沥青质)丰度较高, 说明有机质成熟度较低。运用分子古生物学的基本理论和分析方法, 论证了与铂矿化有关的有机质的生物母源为菌藻类微生物; 另外, Pr/Ph 比值小于 1 反映了其成矿环境为还原环境。

[关键词] 重庆城口; 铂矿; 黑色岩系; 分子古生物学

[分类号] Q919; P618.53 [文献标识码] A

近年来有关黑色岩系的地质学和金属成矿问题受到了普遍重视^{[1]~[14]}。“黑色岩系”是一套以富含有机质为特征的细粒沉积岩的总称, 其岩类包括各种暗色(灰色—黑色)页岩、硅质岩、粉砂岩和少量碳酸盐岩层^[6]。黑色岩系被冠以“多元素富集体”之名, 黑色岩系是铂族元素的重要容矿岩石, 铂族元素常与有机质伴生, 有机质对铂族元素的富集有重要意义^{[10],[12]}。黑色页岩型铂矿是一种前景看好的新铂族资源类型, 但目前还没有直接的黑色岩系铂矿床成矿作用模式^[9]。李胜荣等^[13]认为海底热水喷流作用是铂族元素的主要物质来源。吴朝东等^[14]认为黑色岩系中铂族元素异常富集的主要原因与海底喷流活动有关, 并且还和有机质变化有密切关系。唐将等^[11]认为上地幔及地壳深处的超铁镁玄武质岩浆及花岗岩浆是铂族元素的物质来源, 由于构造活动的频繁以及锰、硫、有机质等吸附沉淀, 形成矿源层。笔者对

城口铂矿进行了实地考察, 发现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城口铂矿的形成过程中起着重要的作用。那么城口铂矿中有机质所反映的分子古生物学特征及其意义, 是本文研究的主要目的。

1 矿床基本地质

城口铂矿位于秦岭褶皱系南缘, 扬子准地台北缘之拗陷带(图 1)。以城巴深断裂为界, 北侧为秦岭地槽褶皱系北大巴山冒地槽褶皱带, 南侧为扬子地台区南大巴山台缘凹陷褶皱带大巴山褶皱束。城巴断块为铂矿主要的成矿区域。

主矿化层为上震旦统陡山沱组, 次矿化层为下寒武统水井沱组, 岩性主要为黑色碳质页岩、硅质岩、硅质页岩、粉砂质页岩, 夹少量的泥灰岩、白云岩、粉砂岩薄层。矿(化)体多呈层状、似层状产出, 产状与围岩一致, 含矿岩石普遍具黄铁矿化、

[收稿日期] 2004-01-10

[基金项目] 国家自然科学基金(49973030, 40172011, 40372014)、四川省青年科技基金、教育部跨世纪优秀人才基金和中国地质大学(武汉)湖北省地球表层系统开放实验室基金(LESS-0010)联合资助

[作者简介] 杨文光(1980—), 男, 硕士研究生, 古生物学与地层学专业。(E-mail: yangwg1018@sohu.com)

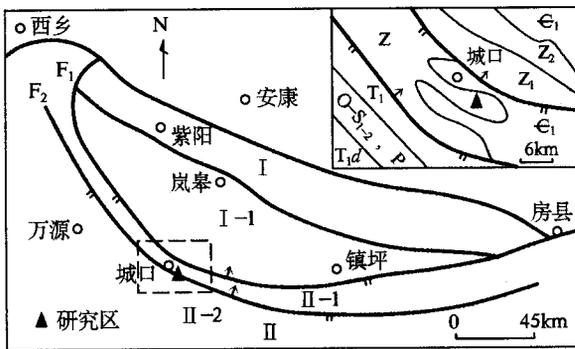


图 1 城口铂矿区域构造位置和地质简图

Fig. 1 Regional tectonic situation and geological map of the Chengkou platinum deposit

(据唐将 2000 年资料和四川省 1:100 万地质图修改)

F₁. 城巴深断裂; F₂. 乌坪断裂; I. 秦岭地槽;
I-1. 北大巴山冒地槽褶皱带; II. 扬子准地台;
II-1. 城巴断裂; II-2. 南大巴山凹陷束

硅化、碳化现象。含矿层越接近城巴深断裂前缘，矿化越明显。

2 铂矿分子古生物学特征研究

通过对岩石中有机质组成的研究，可以了解到地层中生物的特征以及当时的沉积环境。为了进一步了解重庆城口黑色岩系中含矿岩层中有机质的组成特征，我们选择了含矿岩层中的黑色碳质页岩、黑色硅质岩和薄层硅质页岩在成都理工大学石油工程实验中心进行了有机质的测试工作。结果(表 1)表明，城口铂矿的含矿岩石碳质页岩具有较高的氯仿沥青“A”，丰度为 219.1×10^{-6} ；黑色硅质岩的氯仿沥青“A”丰度较低，为 46.9×10^{-6} ；薄层硅质页岩的氯仿沥青“A”丰度为 109.1×10^{-6} 。氯仿沥青族组成中总烃(饱和烃+芳烃)不占优势，重组分(非烃+沥青质)丰度较高，非烃+沥青质/总烃的值分别为 1.92, 2.30 和 2.21，说明有机质成熟度较低。它们所表现的重组分占绝对优势的特征与吴庆余(1986)用蓝绿藻干样抽提出的族组分中非烃和沥青质之和高达

77.44%~96.45%^[19]基本相吻合，说明含矿岩石中的有机质来源于菌藻类生物。

把经过分离提纯后的饱和烃馏分送往中国地质大学(武汉)湖北省地球表层系统开放实验室进行色谱-质谱(GC-MS)联机分析，其分子化石特征如下。

2.1 正构烷烃及类异戊二烯烷烃分子化石分布特征

分析城口铂矿碳质页岩的 m/z 85 质量色谱图(图 2)，结果表明，其碳数分布范围较宽，介于 $nC_{14} \sim nC_{35}$ 。正构烷烃呈双峰型，主峰碳分别为 nC_{20} 和 nC_{25} 。最高主峰碳为 nC_{20} ，具有低碳优势。这种低碳优势除了受成熟度影响之外，还受有机质母源性质的影响。低分子量的正构烷烃一般情况下来源于菌藻类类脂中的脂肪酸^{[20],[23]}。正构烷烃分子化石的这种碳数分布特征，目前一致的观点认为是来源于菌藻类低等水生生物对母源的贡献^[22]。具有混合母源的有机质，分子化石组成常具双峰型^{[15],[24]}。对城口铂矿碳质页岩而言，其有机分子组成特征表明菌藻类低等水生生物和陆源母质对有机质的双重影响。

类异戊二烯烷烃含量较丰富，其中最丰富且最重要的是姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)。姥鲛烷(Pr)远小于植烷(Ph)，二者之比约为 0.089。Pr/Ph < 1，表明含矿地层形成于还原环境^[16]。

2.2 萜类分子化石的分布特征

分析 m/z 191 质量色谱图(图 2)表明，样品中萜类分子化石含量较多，长链三环萜烷系列化合物比较完整，其碳数分布范围在 $C_{19} \sim C_{29}$ ，其中以 C_{23} 占优势， C_{19} 和 C_{27} 含量较少。主要有 C_{21} , 13β(H), 14α(H)-三环萜烷($C_{21}H_{38}$)； C_{23} , 13β(H), 14α(H)-三环萜烷($C_{23}H_{42}$)； C_{20} , 13β(H), 14α(H)-三环萜烷($C_{20}H_{36}$)； C_{24} , 13β(H), 14α(H)-三环萜烷($C_{24}H_{44}$)。以藿烷结构为骨架的五环三萜烷碳数分布多集中在 $C_{27} \sim C_{32}$ ，而城口铂矿的碳质页岩

表 1 城口铂矿含矿岩石中有机质组成特征
Compositional characteristics of organic matter from the pay rock in the Chengkou platinum deposit

野外编号	岩性	氯仿沥青“A” w/10 ⁻⁶	氯仿沥青“A”组成 w/%				总烃 w/%	非+沥 w/%	非+沥/总烃
			饱和烃	芳烃	非烃	沥青质			
Db006	碳质页岩	219.1	13.26	21.27	36.74	28.73	34.53	65.47	1.92
Dn002	黑色硅质岩	46.9	9.68	20.65	32.25	37.42	30.33	69.67	2.30
Dg003	薄层硅质页岩	109.1	10.40	20.80	20.49	38.31	31.20	68.80	2.21

样品由成都理工大学石油工程试验中心高玲测试, 2002

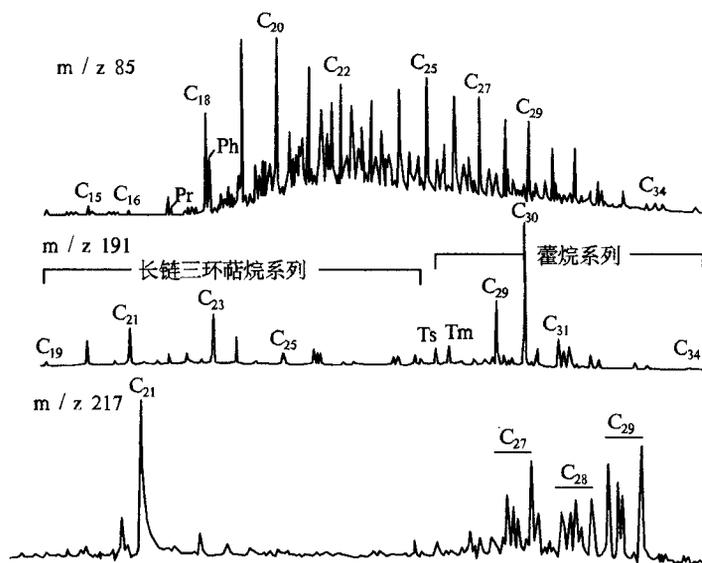


图2 城口铂矿碳质页岩质量色谱(GC-MS)图

Fig. 2 Gas chromatography-mass spectrometry of the carbonaceous shale in the Chengkou platinum deposit

样品中其碳数却高达 C_{35} , 藿烷中以 $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -30-降藿烷($C_{29}H_{50}$)和 $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -藿烷($C_{30}H_{52}$)和 $22S$ - $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -升藿烷($C_{31}H_{54}$)含量居多。

Aquino Neto 等通过研究分析, 提出长链三环萜烷是菌藻成因。这种系列的三环萜烷中 C_{19} 含量很低, 以 C_{23} 含量最高, C_{21} , C_{23} 与 C_{24} 呈倒“V”字形分布, 由此可见矿化岩石中的长链三环萜烷来源于菌藻类微生物, 这与 Smith 认为这种倒“V”字形分布代表了海生低等生物[21]相吻合。

研究表明, 藿烷的母源主要存在于细菌和蓝绿藻中[17]、[18]。由此可见, 含矿地层中广泛存在的藿烷系列, 标志其有机质母源为藻类生物, 并且藻类生物主要为蓝绿藻。

2.3 甾类分子化石的分布特征

分析 m/z 217 质量色谱图(图2)表明, 样品中有较为丰富的甾类分子化石, 其组成较为复杂, 主要有胆甾烷($C_{27}H_{48}$)、麦角甾烷($C_{28}H_{50}$)、谷甾烷($C_{29}H_{52}$)、孕甾烷($C_{21}H_{36}$)等, 以孕甾烷($C_{21}H_{36}$)、胆甾烷($C_{27}H_{48}$)和谷甾烷($C_{29}H_{52}$)占优势。还有少量的重排胆甾烷。甾烷是真核生物的生物标志物[22]。一般认为规则甾烷组成中, C_{27} 甾烷来源于藻类, C_{28} 甾烷与真菌有关, 某些藻类(硅藻)也含 C_{28} 甾醇。 C_{29} 甾烷可来源于蓝绿藻, 也可来源于高等植物, 判断的依据是: 若 C_{28} 甾烷含量丰富, 说明 C_{29} 甾烷来源于藻类, 只有当 C_{29} 含量远远高

于 C_{27} 和 C_{28} 甾烷时, 才可以考虑高等植物对 C_{29} 甾烷的贡献[15]。由 m/z 217 质量色谱图(图2)可看出, C_{29} 具有优势, 但 C_{27} , C_{28} 和 C_{29} 相差并不大明显, 说明城口铂矿的有机质先体为菌藻类微生物。 C_{21} 孕甾烷含量较高, 表明有机质先体为藻类。

综上所述, 无论是从有机质的组成特征, 还是从有机分子的自身特点来看, 城口铂矿中菌藻类微生物构成了有机质先体的重要组成部分。陆源母质可能主要受后期构造活动的影响。

3 结语

通过对城口铂矿碳质页岩的分子古生物学的研究, 笔者得出以下两点认识:

a. 城口铂矿有机质组成、分子化石分布特征都反映了城口铂矿中的有机质先体为菌藻类微生物。同时, 有机质与矿石密切共生, 反映了生物和有机质在铂矿的形成过程中起着重要的作用。

b. Pr/Ph 比值反映了城口铂矿的成矿环境为还原环境。

[参 考 文 献]

- [1] 刘洪文. 铂族元素矿床特征及成因分类探讨[J]. 吉林地质, 2002, 21(4): 1-8.
- [2] 邢树文, 孙景贵, 刘洪文. 高碳黑色页岩型铂族元素矿床的成矿性探讨[J]. 地质与勘探, 2002, 38(6): 17-21.
- [3] 叶杰, 范德廉. 黑色岩系型矿床的形成作用及其在我国的产出特征[J]. 矿物岩石地球化学通讯, 2000, 19

- (2):95-102.
- [4] 范德廉,张涛,叶杰. 与黑色岩系有关的超大型矿床[A]. 涂光炽主编. 中国超大型矿床[C]. 北京:科学出版社,2000. 204-219.
- [5] 王学贞,张喜周,李红超. 河南省铂族元素矿床类型及成矿机理探讨[J]. 矿产与地质,2003,17(S1):403-406.
- [6] 李胜荣,高振敏. 黑色岩系中铂族元素地质地球化学研究概况及其意义[J]. 四川地质科技情报,1996,(2):34-38.
- [7] 别风雷,孟繁聪. 具有潜力的重要资源类型——黑色岩系铂多金属矿床[J]. 矿产保护与利用,1999,(3):37.
- [8] 王淑玲. 铂族金属资源的现状及对策研究[J]. 中国地质,2001,28(8):23-27.
- [9] 张光弟,毛景文,熊群尧. 中国铂族金属资源现状与前景[J]. 地球学报,2001,22(2):107-110.
- [10] J 帕沙瓦. 黑色页岩中铂族元素与有机质的组合[J]. 地质科技动态,1994,(6):27-28.
- [11] 唐将,邓富银. 大巴山地区铂矿地质特征及成因初探[J]. 矿产与地质,2000,14(2):86-90.
- [12] 梁有彬,李艺. 中国铂族元素矿床类型和地质特征[J]. 矿产与地质,1997,11(3):145-151.
- [13] 李胜荣,高振敏. 湘黔寒武系底部黑色岩系贵金属元素来源追踪[J]. 中国科学 D 辑,2000,30(2):169-174.
- [14] 吴朝东,申延平,侯泉林. 湘西黑色岩系铂族元素地球化学特征及富集因素[J]. 自然科学进展,2001,11(5):507-513.
- [15] 朱弟成. 西秦岭泥盆系铅锌矿床的有机成矿作用[D]. 成都:成都理工大学档案馆,2000.
- [16] 傅家谟,盛国英,许家友,等. 应用生物标志化合物参数判识古沉积环境[J]. 地球化学,1991,(1):1-12.
- [17] 叶俊连. 生物有机质成矿作用[M]. 北京:海洋出版社,1996.
- [18] 王启军,陈建渝. 石油地球化学[M]. 武汉:武汉地院油区地质教研室,1984.
- [19] 吴庆余. 前寒武纪富藻燧石层中生物标志物[A]. 中国科学院地球化学研究所开放实验室研究年报[C]. 贵阳:贵州人民出版社,1986. 111-121.
- [20] 傅家谟,盛国英. 分子有机地球化学与古气候、古环境研究[J]. 第四纪地质,1992,(4):306-320.
- [21] Smith A B, Littlewood D T. Paleontological data and molecular phylogenetic analysis [J]. Paleobiology, 1994, 20: 259-273.
- [22] Han J, Calvin M. Hydrocarbon distribution of algae and bacteria and microbiological activity in sediments [J]. Natl Acad Sci Pro, 1969, 64: 436-443.
- [23] Tissot B P, Pelet R, Roucace J, *et al.* Alkanes as geochemical fossils indicator of geological environments[A]. Campos R, Goni J. Advances in Organic Geochemistry[C]. Enadimsa Madrid, 1977. 117-154.
- [24] 王启军,陈建渝. 油气地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1988. 99-103.

Molecular paleontology of Chengkou platinum deposit in black rock series in Chongqing, China

YANG Wen-guang¹, LIN Li¹, ZHU Li-dong¹, XIONG Yong-zhu³,
PANG Yan-chun¹, FU Xiu-gen¹

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, China;

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Abstract: The Chengkou platinum deposit in Chongqing is situated in the joint of the Qinling geocyncline and Yangtze platform, that is, in the blocks on the both sides of the Chengba deep fault or the altered rupture zone owing to a intrusive body. The ore-bearing bed consists of black rocks from Upper Sinian Series to Lower Cambrian Series. By means of investigating into the spot, the authors find that organic matter content of the ore-bearing bed is high, and that carbonous matter is associated with orebodies. This shows that biologic or organic matter play an important role in the formation of Chengkou platinum deposit. The research result shows that the hydrocarbon (saturated hydrocarbon + aromatic hydrocarbon) is much lower than the heavy constituents (non-hydrocarbon + asphalt character). This suggests that the degree of maturation is low. Based on the study of molecular paleontology, this paper shows that the biological sources of the organic matter related closely to platinum mineralization are marine bacteria and algae. Moreover, Pr/Ph<1 indicates that the deposit formed in a reducing environment.

Key words: Pt deposit; black rock series; molecular paleontology; Chengkou Chongqing