文章编号: 1001-1986(2007)06-0010-04

# 黔西南高砷煤成因研究

谢　宏, 聂爱国
(贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳　550003)

摘要: 根据野外地质特征, 结合微量元素和稀土元素分析结果, 探讨了黔西南高砷煤的成因。高砷煤的形成, 受岩浆岩、岩性、岩相古地理以及地质构造等诸多控矿因素的制约。高砷煤的形成经历了矿源层形成、龙潭煤系形成、含矿热液形成以及沉积-改造成矿等 4 个阶段。

关　键　词: 高砷煤; 成因; 黔西南
中图分类号: P618.1101　　文献标识码: A

## Metallogenetic factors of high-As coal in southwestern Guizhou

XIE Hong, NIE Ai-guo
(*Institute of Resource and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang* 550003, *China*)

**Abstract**: Based on field geological properties and chemical analysis results, the metallogenetic factors and genesis of high-As coal in southwestern Guizhou Province are disscused in this paper. According to the analysis of ore-forming geological factors, the formation of the high As coal was restricted by various ore-controlling factors, such as the magmatic rock factors, the sedimentary facies and paleogeographic factors, the lithological factors, the structure factors, and so on. It can be considered that the enrichment of arsenic may be divided into four stages: stage of the ore source bed formation, stage of the Longtan coal-bearing rock series formation, stage of the ore-bearing hydrothermal formation, stage of the high arsenic coal deposit formation.

**Key words**: high-As coal; metallogenetic factors; southwestern Guizhou

贵州省的高砷煤大量分布于黔西南的兴义、兴仁、安龙、贞丰等县市[1], 其资源量约占黔西南煤炭总储量的 1/10~1/5。分析黔西南高砷煤的成矿地质条件, 探讨高砷煤的形成机理, 对于高砷煤资源的开发利用、环境保护和人民身体健康都有积极重大的现实意义。

## 1　地质概况

高砷煤分布区地处滇、黔、桂微细粒浸染型金矿区。其大地构造位置位于濒临特提斯——喜马拉雅构造域与濒太平洋构造域的结合部位, 跨越扬子陆块和华南褶皱系的右江造山带(右江盆地)。

根据兴义市大地、戈多、兴仁县交乐、滥木厂、下山、新龙场、大丫口、安龙县戈塘、海子等剖面的野外调查和取样分析结果, 以及钻探、槽探勘探资料表明, 高砷煤的富集严格受沉积层位控制。含煤岩系位于峨眉山玄武岩("大厂层")与下三叠统之间, 为龙潭阶沉积, 属海陆交替的陆地边缘相区。矿体受背斜、穹隆及断层的控制, 并与 Au、Hg、Sb、Tl 等元素的矿化有关。矿体呈层状, 与围岩界线分明, 主要赋存于煤系的中下部。高砷煤层厚度较稳定, 一般厚 0.20~3.60 m。

## 2　高砷煤形成的地质条件

高砷煤的形成受岩浆岩、岩相古地理、岩性及地质构造等诸多控矿因素制约, 形成机理复杂。

### 2.1　岩浆岩条件

与高砷煤形成有关的岩浆岩为广泛分布于黔西南西北部的峨眉山玄武岩[2]。根据峨眉山玄武岩中微量元素(表 1)研究, 黔西南峨眉山玄武岩中 As 的平均含量比世界其他地区玄武岩的含量高出几至几十倍(5.5~56.5 倍), 峨眉山玄武岩中富含气液物质, 含矿组分含量较高, 可以为后期成矿作用提供丰富的砷、铁、金、汞、锑、氟等成矿物质。因此, 可以推测贵州高砷煤中的 As 主要来源于峨眉山玄武岩浆。

### 2.2　矿源层条件

从大厂层微量元素含量表(表 2)可以看出, As 在"大厂层"中高度浓集, 其富集系数在 16 以上(16~920), 具有含砷较高的地球化学背景, 能够成为高砷煤矿源的提供者, 具备了作为矿源层的基本条件。另外, 分析表明, 高砷煤中的稀土元素继承了峨眉山玄武岩稀土元素的特点, 高砷煤中的稀土元素来源

收稿日期: 2007-01-30
基金项目: 教育部访问学者基金项目(教技厅函[2001]3 号); 贵州省教育厅科研项目(黔教科 2001016)
作者简介: 谢　宏(1968—), 女, 重庆人, 工程师, 硕士研究生, 主要从事地质教学与科研工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　峨眉山玄武岩微量元素含量表　　$w_B/10^{-6}$

Table 1　The contents of trace elements in the Emeishan basalt

| 采样地点/样品件数 | Au/ × $10^{-9}$ | As | Hg | Sb | Cu | Pb | Zn | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 兴义大地/1 | 18.6 | 30 | 0.4 | 1.0 | 45.72 | 17.52 | 93.81 | 2 000 |
| 兴仁交乐/1 | 19.3 | 41 | 0.7 | 0.5 | 16.33 | 17.80 | 106.48 | 2 300 |
| 安龙戈塘/1 | 17.4 | 25 | 3.1 | 3.0 | 427.38 | 13.50 | 113.62 | 4 300 |
| 兴仁大丫口/1 | 20.0 | 27 | 4.2 | 2.9 | 57.40 | 15.40 | 97.50 | 4 700 |
| 晴隆/12 | 200.0 | 113 | 4.2 | 125.0 | | | | |
| 黔西南/325 | 46.6 | 11 | 0.2 | 12.0 | | | | 2 919 |
| 其他地区玄武岩微量元素平均值* | 4.0 | 2 | 0.1 | 0.2 | 87 | 6 | 105 | 300 |

注:分析测试在中国科学院地球化学研究所完成;* 据涂里干和费德波(1961)。

表 2　晴隆大厂锑矿田大厂层微量元素含量表[3]　$w_B/10^{-6}$

Table 2　The contents of trace elements in the Dachang bed of the Dachang Sb deposits, Qinglong County

| 岩性 | Cu | Ag | Sb | Pb | As |
|---|---|---|---|---|---|
| 玄武砾岩 | 120 | 0.1 | 12 | 15 | 80 |
| 黄铁矿化粘土岩 | 24 | 0.17 | 382 | 4 | 1 140 |
| 粘土化玄武岩 | 52 | 0.1 | 230 | 3 | 4 500 |
| 硅化粘土岩 | 216 | 2.0 | 2 700 | 7 | 4 600 |
| 地壳平均克拉克值 | 100 | 0.1 | 0.4 | 18 | 5 |

于玄武岩,说明先期沉积的煤层受到了来自峨眉山玄武岩成矿热液的改造。

**2.3**　岩相古地理条件

从野外实地调查以及收集的相关资料来看,高砷煤的分布与一定的沉积相带有关。它们均分布在台缘斜坡相带,岩相古地理相位控矿现象普遍。高砷煤中存在大量黄铁矿,说明当时的环境较为闭塞,与海水的循环交替性能差,且高砷煤以镜质组为主,丝质组和壳质组少等特征也反映成煤环境是弱氧化—还原环境。

**2.4**　岩性条件

黔西南高砷煤除煤层砷含量比较高外,粘土岩类、碎屑岩类,以及粘土岩–碎屑岩的过渡类型含砷也比较高,而纯碳酸盐岩石含砷普遍较低。

砷的这种岩性专属性可能与碎屑岩类疏松多孔,利于成矿溶液渗透以及粘土岩类、有机质类有利于砷的吸附有关。同时,原岩中沉积的黄铁矿,对热液中的硫、砷、铁、金元素有很强的亲和力。

**2.5**　构造条件

黔西南高砷煤中砷的活化、迁移、富集与地质构造的关系密切,区域构造和局部构造的控矿作用明显。已知的高砷煤矿床(点)均分布于扬子准地台与右江造山带的过渡地带,并位于近 EW 向的南盘江断裂带及 SN 向关岭—贞丰—册亨断裂带的旁侧或附近,控制矿田和矿床的构造则为背斜或穹隆以及与两组深大断裂沟通的次级断裂。

表 3 统计的高砷煤矿床(点)清楚地显示,虽然每一个矿床(点)都具有各自的控矿构造特点,但几乎都与背斜或穹窿构造有关,大都产在背斜轴或靠近背斜轴的翼部。并且,这些背斜轴部多被断裂破坏,因此,受断裂破坏的背斜构造是一个普遍的构造控矿现象。

## 3　高砷煤的形成机制

**3.1**　砷的赋存状态

砷的化学性质活泼,高砷煤中砷的赋存形式复杂。国内外学者[4-5]对煤中砷的赋存状态研究后认为:高砷煤中的砷主要以高价砷的形式存在,其赋存状态包括硫化物态、有机态、砷酸盐态、硅酸盐态、水溶态和可交换态;而硫化物态砷又主要以含砷黄铁矿的形式存在。

聂爱国等[2]对采自贵州金矿和煤矿中的黄铁矿进行电子探针分析,其结果表明:砷主要存在于黄铁矿中,且含砷黄铁矿的环带状加大边中,Au、Hg、Sb、As 的含量明显偏高。也就是说,并非所有黄铁矿都能检测到砷,煤中黄铁矿是否含砷与黄铁矿自身的成因有关,后期低温热液成因的黄铁矿往往都含砷,同生黄铁矿含砷极少。

无论在光学显微镜下,还是运用扫描电镜与能谱(SEM–EDX)分析,均没有发现毒砂等任何含砷矿物,砷不以独立矿物形式存在。这一结果与赵峰华等[5]运用光学显微镜、扫描电镜与能谱、透射电镜结合能谱与选区衍射(TEM–EDX–SAD)进行研究的结论一致。

由此认为,黔西南高砷煤中砷矿化的重要特点是砷的颗粒极细,砷的赋存状态与黔西南卡林型金矿中金的赋存状态类似。

**3.2**　高砷煤与低温元素成矿关系

高砷煤的分布与富集严格受地层层位、沉积相及构造系统的控制,特别是与 Au、Hg、Sb 矿化有关的构造系统及 Au、Hg、Sb 等低温元素的矿化密切相关[6],高砷煤矿床附近常有Au、Hg、Sb、Tl矿床(点)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3 黔西南高砷煤矿床(点)构造控制特征简表

**Table 3 List of structural controls on high- As coal distribution in southwestern Guizhou**

| 矿床或矿点 | 控制因素 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 褶皱或穹隆 | 断裂 | 化探异常元素组合 | 高砷煤分布区金(锑)矿床(点) |
| 兴义大地 | 雄武背斜 | 纵向压扭性断层 | Au、Hg、As、U | 雄武金矿 |
| 兴仁交乐 | 挂红厂背斜 | 压扭性高角度逆断层 | Au、As、Hg、Sb | 小丫口金矿; 大丫口锑矿 |
| 兴仁烂木厂 | 灰家堡背斜 | 低角度纵向压扭性断层 | Au、As、Hg、Tl | 紫木凼、三岔河、水银洞等金矿; 烂木厂汞铊矿; 水银洞、大坝田汞矿 |
| 兴仁海子 | 海马谷背斜 | | Au、As、Hg、Sb | 海马谷金锑矿 |
| 兴仁下山 | 下山向斜 | | Au、As、Hg | |
| 兴仁新龙场 | | | Au、As、Hg、Sb | 三道沟金矿 |
| 兴仁潘家庄 | 放马坪背斜 | 北东向断层 | Au、As、Sb | 放马坪锑矿 |
| 兴仁大丫口 | 大丫口背斜 | 近东西向纵向断裂 | Au、As | 大丫口金矿 |
| 安龙戈塘 | 戈塘穹隆 | 逆冲断层 | Au、As、Sb | 戈塘金矿 |

分布。

通过对采自金矿化区和非金矿化区中煤样的多种元素分析(表 4)可知: 金矿化区中, 高砷煤明显富集 Au、Hg、Sb、As, 而非金矿化区的煤中, 这些元素含量明显降低。在微量元素的变化上, 突出地表现为 Au、Hg、Sb 等低温元素与 As 呈同步消长关系。

表 4 不同矿石类型微量元素含量对比表 $w_B/10^{-6}$

**Table 4 Comparsion of trace element contents among the different types of ores**

| 矿石类型 | As | Au | Hg | Sb | Ba | Cr | 样品数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 非金矿化围岩 | 200 | 0.011 | 3.83 | 1.7 | 255.2 | 113.5 | 5 |
| 金矿化围岩 | 1 600 | 0.95 | 25.14 | 11.4 | 216.2 | 154.1 | 10 |
| 金矿石 | 19 000 | 28.88 | 215.77 | 446.2 | 141.0 | 160.6 | 10 |

注: 分析测试在中国科学院地球化学研究所完成。

利用高砷煤矿区 12 件样品的分析结果(表 5), 计算砷与其他微量元素的相关系数分别为: $r_{As-Au}=0.545$, $r_{As-Hg}=0.576$, $r_{As-Sb}=0.848$, $r_{As-Tl}=0.837$, $r_{As-S}=0.455$。进行相关系数显著性检验, 可知在 $\alpha=0.05$ 水平上, As 与 Au、Hg、Sb、Tl 等低温元素的相关系数皆为高度显著。As 与 Au、Hg、Sb、Tl 为正相关关系。

### 3.3 高砷煤的稀土元素地球化学特征

通过分析研究高砷煤及其围岩的稀土元素地球化学特征, 得出分析结果见表 6。

根据表中数据, 绘制了龙潭高砷煤系页岩及其围岩的稀土元素分配特征曲线图(图 1)。

图表显示, 龙潭煤系页岩与峨眉山玄武岩之 LREE/HREE 比值相当, 峨眉山玄武岩与龙潭煤系页岩具有相同的稀土元素地球化学特征, 它们的球粒陨石标准化曲线几乎完全重合, 这表明二者具有同源性, 即峨眉山玄武岩与龙潭煤系页岩在稀土元素组成上具有继承性, 同时也证明金、汞、铊矿石与龙潭煤系中的砷具有同源性。

## 4 高砷煤的成因分析

通过对高砷煤的形成条件、分布类型及与低温元素矿化关系、稀土元素地球化学特征等方面的研究, 可对黔西南高砷煤的形成过程推论如下:

*第 1 阶段——矿源层形成阶段* 茅口期海退的同时, 在潮坪- 泻湖环境的浅海台盆内, 海西期东吴运动使峨嵋山基性岩浆沿古断裂通道发生喷溢活

表 5 黔西南高砷煤矿区微量元素分析结果表 $w_B/10^{-6}$

**Table 5 The contents of trace elements in the high- As coal in southwestern Guizhou**

| 样品编号 | 元素组分 | | | | | | 采样位置 | 地点 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | As | Au | Hg | Sb | Tl | S | | |
| DD1- 1 | 813.8 | 0.17 | 16.8 | 12.4 | 3.4 | 11 700 | 煤层 | 兴义大地 |
| XLD1- 2 | 71.3 | 0.15 | 8.0 | 1.1 | 3.6 | 2 300 | 煤层 | 兴仁下龙洞 |
| XS3- 1 | 2 879 | 11.66 | 16.4 | 7.1 | 7.7 | 19 900 | 底板 | 兴仁下山 |
| XS3- 2 | 3 210 | 9.31 | 3.1 | 27.1 | 9.5 | 13 700 | 底板 | 兴仁下山 |
| XS3- 3 | 2 483 | 0.10 | 24.1 | 14.9 | 3.3 | 11 600 | 底板 | 兴仁下山 |
| XS3- 4 | 3 166 | 1.51 | 551.5 | 30.8 | 6.5 | 66 200 | 底板 | 兴仁下山 |
| JL1- 1 | 1 032 | 0.008 | 9.8 | 1.8 | 1.8 | 10 400 | 煤样 | 兴仁交乐 |
| JL3- 2 | 5 141 | 4.45 | 26.5 | 76.4 | 9.3 | 38 200 | 底板 | 兴仁交乐 |
| JL4- 2 | 4 448 | 1.27 | 608.2 | 8.0 | 4.13 | 13 800 | 顶板 | 兴仁交乐 |
| XLC1- 1 | 1 448 | 1.25 | 67.9 | 8.5 | 4.6 | 12 100 | 煤样 | 兴仁新龙场 |
| XLC1- 2 | 1 852 | 0.20 | 27.1 | 26.4 | 3.7 | 1 200 | 煤样 | 兴仁新龙场 |
| XLC1- 3 | 1 354 | 0.08 | 13.3 | 4.8 | 1.4 | 11 900 | 煤样 | 兴仁新龙场 |

注: 分析测试在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室完成。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 6　高砷煤与围岩稀土元素含量及标准化结果表[3]　　$w_B/10^{-6}$

**Table 6　The calculated REE contents of the high- As coal and the country rocks**

| | 样品类型 | 金矿矿石 | 峨眉山玄武岩 | 龙潭高砷煤系页岩 | 富汞矿石 | 富铊矿石 | 黄铁矿 | 石英 | 锑矿矿石 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 采样地点 | 兴仁大丫口 | 兴仁大丫口 | 兴仁交乐 | 兴仁烂木厂 | 兴仁烂木厂 | 兴仁交乐 | 兴仁交乐 | 晴隆大厂 |
| 稀土元素 | La | 58.24 | 37.17 | 45.44 | 27.22 | 19.58 | 7.11 | 0.160 | 0.158 |
| | Ce | 98.64 | 86.29 | 96.06 | 42.79 | 26.47 | 8.83 | 0.580 | 0.308 |
| | Pr | 11.05 | 9.76 | 10.59 | 5.93 | 3.86 | 2.11 | 0.103 | 0.049 |
| | Nd | 37.43 | 46.46 | 50.66 | 21.14 | 13.23 | 9.01 | 0.65 | 0.176 |
| | Sm | 6.76 | 10.08 | 11.38 | 3.60 | 2.00 | 1.14 | 0.240 | 0.04 |
| | Eu | 1.39 | 3.02 | 3.28 | 1.00 | 0.49 | 2.63 | 0.030 | 0.009 |
| | Gd | 5.86 | 9.10 | 10.06 | 2.84 | 1.53 | 4.62 | 0.128 | 0.027 |
| | Tb | 0.87 | 1.27 | 1.36 | 0.38 | 0.21 | 0.70 | 0.020 | 0.005 |
| | Dy | 4.73 | 6.53 | 6.70 | 1.85 | 1.00 | 3.94 | 0.116 | 0.021 |
| | Ho | 1.00 | 1.13 | 1.13 | 0.41 | 0.21 | 0.73 | 0.002 | 0.005 |
| | Er | 1.48 | 2.53 | 2.62 | 1.11 | 0.53 | 1.76 | 0.055 | 0.012 |
| | Tm | 0.30 | 0.21 | 0.25 | 0.16 | 0.07 | 0.23 | 0.007 | 0.002 |
| | Yb | 2.01 | 1.41 | 1.75 | 0.83 | 0.33 | 1.20 | 0.040 | 0.011 |
| | Lu | 0.27 | 0.21 | 0.25 | 0.12 | 0.05 | 0.16 | 0.010 | 0.001 |
| | Y | 17.87 | 34.09 | 35.04 | 9.34 | 4.92 | | | 0.123 |
| 特征参数 | ΣREE | 247.90 | 249.25 | 276.57 | 118.72 | 74.48 | 44.16 | 2.16 | 0.948 |
| | LREE | 212.12 | 192.78 | 217.41 | 101.68 | 65.63 | 30.83 | 1.76 | 0.731 |
| | HREE | 35.78 | 56.47 | 59.16 | 17.04 | 8.85 | 13.33 | 0.40 | 0.217 |
| | MREE% | 13.85 | 14.47 | 14.04 | 9.22 | 7.82 | 33.70 | 27.14 | |
| | LR/HR | 5.93 | 3.41 | 3.68 | 6.00 | 7.40 | 2.31 | 4.42 | 3.37 |
| | $(La/Sm)_N$ | 4.62 | 2.32 | 2.51 | 4.61 | 5.97 | 3.92 | 0.42 | 2.48 |
| | $(Gd/Lu)_N$ | 3.13 | 5.25 | 4.64 | 2.92 | 3.78 | 3.11 | 2.58 | 3.46 |
| | $(La/Lu)_N$ | 18.42 | 17.90 | 17.51 | 23.04 | 39.78 | 3.99 | 2.70 | 16.93 |
| | $(La/Yb)_N$ | 19.53 | 17.77 | 17.51 | 22.11 | 40.00 | 4.00 | 2.72 | 9.79 |
| | δCe | 1.02 | 1.09 | 1.05 | 0.79 | 0.71 | 0.55 | 1.09 | 0.84 |
| | δEu | 0.78 | 0.96 | 0.94 | 0.97 | 0.87 | 3.50 | 0.52 | 0.84 |

注: 分析测试在中国科学院地球化学研究所完成。

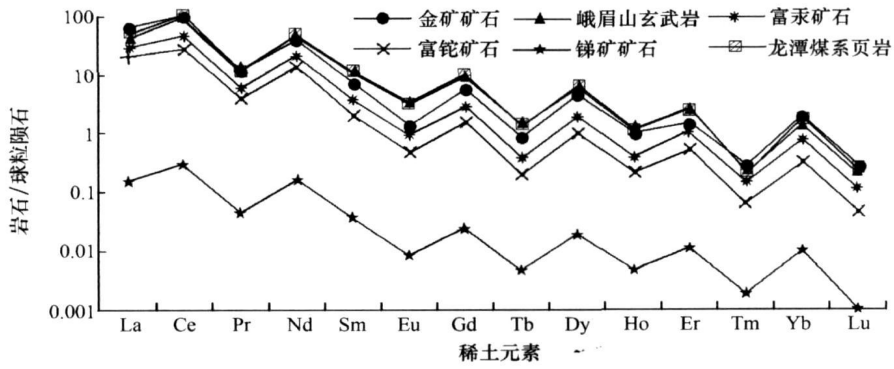



图 1　高砷煤含煤岩系及其围岩 REE 的球粒陨石标准化模式

Fig. 1　The REE distribution patterns of the high- As coal- bearing rock series and the country rocks

动。由于火山喷发过程中气液活动强烈, 火山气液携带的 Hg、Sb、As、Au、Ag、Pb 等进入水体, 被粘土矿物吸附而沉淀, 峨眉山玄武岩及富含矿质的“大厂层”便成为高砷煤的原始矿源层。

第 2 阶段——龙潭煤系形成阶段　早二叠世末, 东吴运动兴起, 海水南退, 晚二叠世, 本区又进入海侵阶段, 表现为海陆交互的沼泽平原相环境, 沉积了海陆交互相的龙潭组含煤地层。在这一阶段, 煤中的微量元素是均一分散的。

第 3 阶段——含矿热液形成阶段　地温梯度的影响以及燕山运动的构造热效应, 提供了成矿溶液所需的热源, 深部的水受热转化为热液, 萃取“大厂层”中呈活化态的分散矿质组分, 逐渐演化为含砷、金、汞、锑等元素的成矿热液系统。

第 4 阶段——沉积- 改造成矿阶段　后期(燕山期) 运动的强大构造力为热液开辟通道并驱使其

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

文章编号: 1001-1986(2007)06-0014-04

# 鄂尔多斯盆地宜川地区延长组物源分析

曹红霞, 李文厚, 何 卫军, 陈全红, 肖 丽, 冯娟萍
(西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 西北大学地质系, 陕西 西安 710069)

摘要: 研究区延长组物源方向的确定对沉积相研究及能源勘探开发具有重要意义。依据大量分析化验数据, 根据砂岩岩石学特征、轻重矿物组合特征、古水流方向、碎屑粒度变化及稀土元素分配模式等, 对研究区延长组物源进行综合研究。结果表明, 宜川地区延长组有东北部和南部两个物源方向, 且以东北部物源为主, 南部物源只对局部有影响; 该区延长组母岩主要来自盆地东北缘的太古代及早元古代变质岩。

关 键 词: 宜川地区; 延长组; 重矿物组合; 古水流; 稀土元素; 物源
中图分类号: P512.2; P534.51 文献标识码: A

## Ananlysis of sedimentary source of the Yanchang Formation in Yichuan area of Ordos Basin

CAO Hong-xia, LI Wen-hou, HE Wei-jun, CHEN Quan-hong, Xiao Li, Feng Juan-ping
(*Laboratory of Continental Dynamics of Department of Education, Department of Geology, Northwest University, Xi'an* 710069, *China*)

**Abstract**: It is very important for confirmation of the sedimentary source direction of Yanchang Formation to research the sedimentary facies of Yanchang Formation and direct the energy sources exploration. In order to confirm the sedimentary source direction of Yanchang Formation in Yichuan area of Ordos Basin, according as abundant analysis and test data, using characteristic of the sandstone lithology, the features of light and heavy mineral group, paleocurrent direction, and rare earth element distributing pattern, analyzed the sedimentary source of Yanchang Formation in Yichuan area. The study results show that the sedimentary source of Yanchang Formation in Yichuan area comes from north-east and south, the sedimentary source from north-east is the main, and that from south affect little. The mother rock derived form Archaean and Early Proterozoic metamorphic rock from the north-east part of Ordos Basin.

**Key words**: Yichuan area; Yanchang Formation; heavy mineral group; paleocurrent; rare earth element; sedimentary source

鄂尔多斯含煤盆地, 是迄今为止我国探明开发面积及储量最大、开采技术条件最简单的煤田[1], 其内蕴藏着丰富的煤、油气和铀等多种矿产资源。随着能源勘探水平的提高, 位于鄂尔多斯盆地东南部的宜川地区的能源勘探也逐渐引起重视, 延长组已成为本区主要勘探目的层之一。物源区的研究可以更好地了解煤系的沉积特征、沉积体系的发育规模、相带的变化规律及储层的展布范围等等。笔者在前人研究基础上, 通过野外观察、古流向测定、采样和大量的室内测试资料分析, 根据砂岩中矿物组合特征、古水流和碎屑颗粒粒度等多项指标, 对宜川地区延长组物源区的性质、物源方向做了较系统的研究。

收稿日期: 2006-12-21
基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划) 项目(2003CB214602)
作者简介: 曹红霞(1974—), 女, 山西万荣人, 博士研究生, 从事沉积微相与油气田开发研究.

向浅部运移, 随着温度、压力的下降, 含有呈络合物砷的热液的化学势也随之降低, 从而促使络合物分解。此时, 煤中各微量元素就发生交代、置换、重结晶等作用, 进行重新组织和再分配, 砷便在其中沉淀富集, 结果就形成高砷煤, 并使其周围 Au、Hg、Sb 等低温元素异常和矿化。

## 参考文献

[1] 丁振华, 郑宝山, FINKELMAN R B, 等. 黔西南高砷煤的分布规律及地球化学特征[J]. 地球化学, 2000, 29(5): 490-494.
[2] 聂爱国, 谢宏. 峨眉山玄武岩浆与贵州高砷煤成因研究[J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(1): 8-10.
[3] 毛德明. 贵州西部峨眉山玄武岩及其有关矿产[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992.
[4] 丁振华, 郑宝山, 张杰, 等. 黔西南高砷煤中砷存在形式的初步研究[J]. 中国科学(D 辑), 1999, 29(5): 421-425.
[5] 赵峰华, 任德贻, 彭苏萍, 等. 煤中砷的赋存状态[J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 214-219.
[6] 聂爱国, 龙江平. 贵州西南地区高砷煤与低温元素矿化的关系[J]. 贵州地质, 1995, 12(4): 317-321.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net