

# 三种不同类型盆地煤中微量元素对比研究<sup>\*</sup>

庄新国 向才富

(中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

曾荣树 徐文东

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

**主题词** 微量元素 煤 不同类型盆地

**提 要** 本文选择阜新盆地海洲露天矿、山西大同煤田煤峪口矿和朔县平朔煤田安太堡露天矿三种不同类型盆地的矿区进行煤中微量元素的对比研究。初步阐述了断陷盆地、陆表海盆地和大型内陆拗陷盆地煤中的微量元素特征, 对比了这三种不同类型盆地煤中微量元素的差异, 并提出产生这些差异的主要因素是泥炭沼泽形成时的沉积环境背景、泥炭沼泽相及盆地的物源区。

中国具有丰富的煤炭资源, 其资源量占世界已有探明煤资源量的 11.1%, 列第三位。据统计, 中国 1997 年年产煤量达 13.6 亿吨, 居世界第一位。在本世纪末预计年产煤量将达 4.8 亿吨, 而且主要满足国内能源的需要。由于产煤量和燃煤量的不断增加, 由矿业活动和燃煤电厂所产生的环境污染问题也更趋严重。在矿业活动和燃煤电厂排放过程中, 对环境产生污染的主要来源是煤矿废弃物和煤中的潜在毒性元素的富集和析出。中国煤盆地分布非常广泛, 类型较多, 这次选择三种主要类型盆地进行对比研究, 以阐明煤中微量元素富集的控制因素, 从而从宏观上认识中国煤中微量元素的富集特征。

## 1 研究区地质概况

辽宁阜新盆地海洲露天矿、山西大同煤田煤峪口矿和朔县平朔矿区安太堡露天矿均为我国重要的煤产地(图 1)。阜新盆地为早白垩世断陷盆地<sup>[1,2]</sup>。阜新盆地的主要充填地层由沙海组、海洲组和孙家湾组构成。主要可采煤层位于海洲组中(图 2)。海洲组地层厚度约 900m, 主要由潮湿型冲积扇体系沉积构成<sup>[1,2]</sup>。在海洲露天矿, 海洲组含有三个主要可采煤层, 它们分别为太平层煤(厚度达 50m), 中间层煤(厚度达 19m)和孙家湾层煤(厚度达 15m)。这三个主要可采煤层横向变化较大, 在海洲矿由北东向南西煤层分叉、明显。大同煤田属于大鄂尔多斯中侏罗世内陆拗陷盆地的一部分<sup>[3,4]</sup>。含煤地层为中侏罗统大同组(图 2)。大同煤田大同组地层约 200m 厚, 主要由一套河流沉积、三角洲沉积构成, 含煤 20 余层, 但煤层分叉、合并频繁, 总体可划分为 15 个含煤组。平朔矿区归属于华北石炭-二叠纪内陆表海盆地的一部分<sup>[5,6]</sup>, 平朔矿区石炭-二叠纪含煤岩系主要为太原组(厚度 70m)和山西组(厚度 78m)。太原组和山西组沉积环境总体以过渡相沉积为主, 但太原组主要为三角洲、滨岸碎屑和泻湖沉积, 而山西组主要为河流和湖泊沉积。太原组含煤 7 层(图 2),

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(批准号: 49632090)

第一作者简介 庄新国, 男, 1957 年 4 月生, 高级工程师, 主要从事煤地球化学、煤地质学的研究。

收稿日期 1999-03-04, 改回日期 1999-06-07

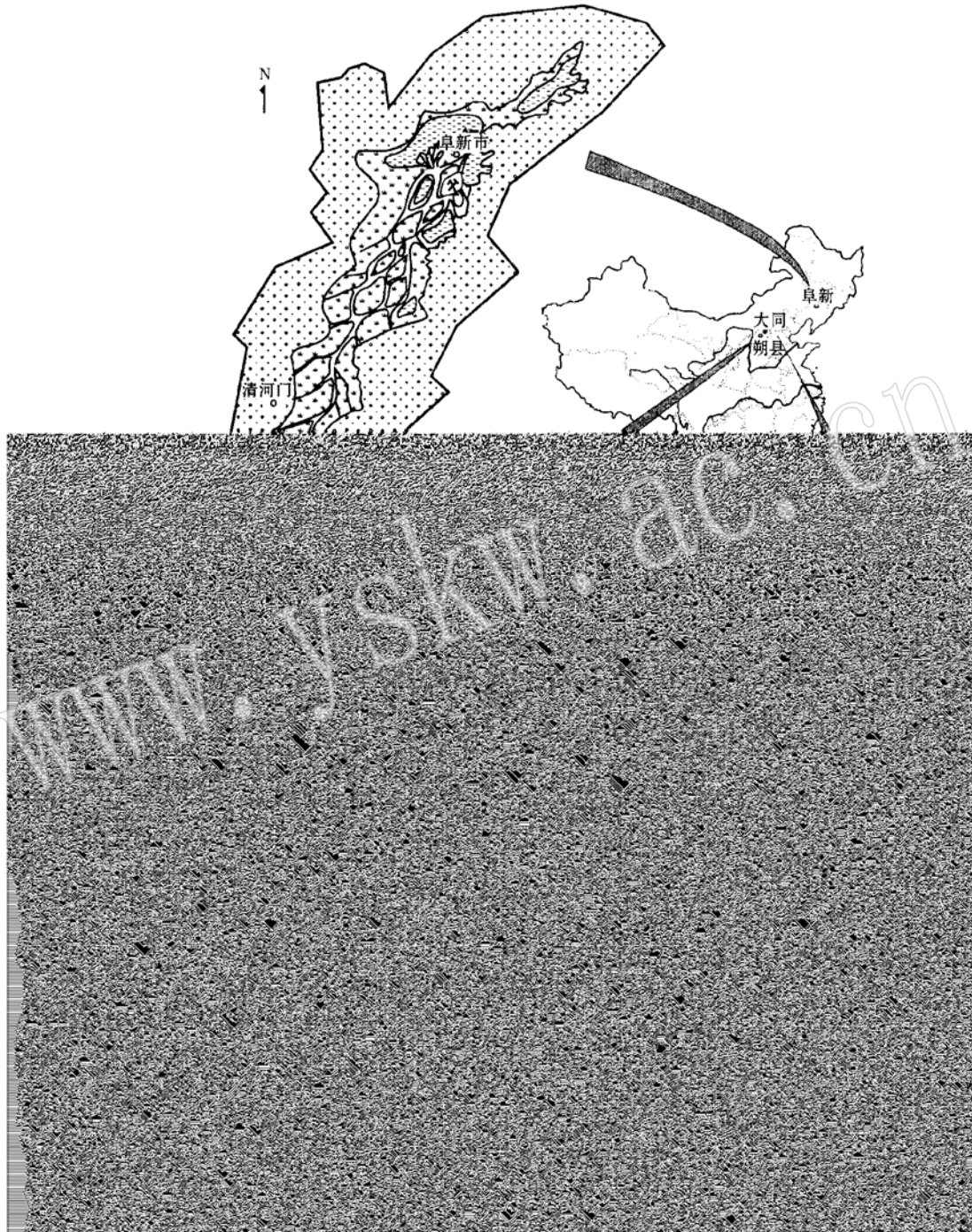


图1 研究区古地理环境图

Fig. 1 Paleoenvironment and paleogeography of the study areas

- a 一阜新盆地; b 一平朔矿区; c 一大同煤田; 1—冲积扇; 2—冲积平原和三角洲; 3—湖泊; 4—滨海;  
5—浅海; 6—泥炭沼泽; 7—海侵方向; 8—三角洲; 9—古陆; 10—河流; 11—研究区

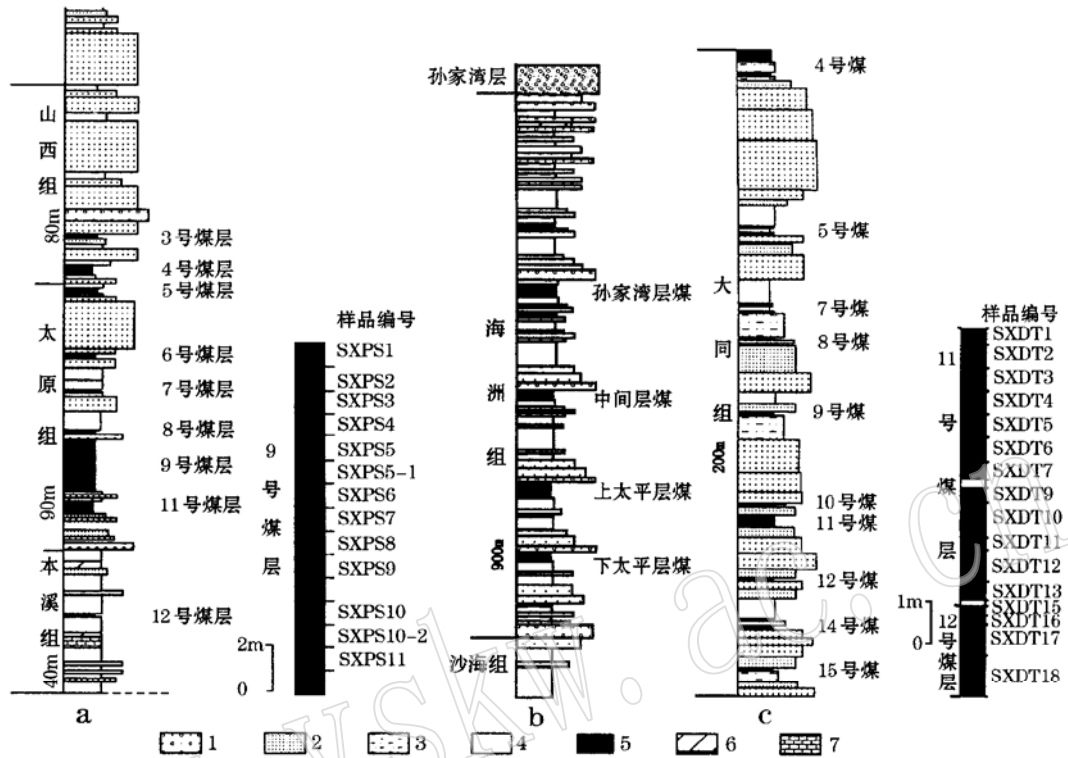


图2 研究区地层柱状图及取样位置

Fig. 2 Stratigraphic profiles of the study areas, showing location of samples  
a — 平朔矿区; b — 阜新盆地; c — 大同煤田; 1—砾岩; 2—砂岩; 3—粉砂质泥岩;  
4—泥岩; 5—煤; 6—泥灰岩; 7—灰岩

其中, 9号煤层和11号煤层全区可采。9号煤层是太原组中最厚的煤层, 全区平均厚度可达13.45m, 但该煤层分叉比较明显, 在横向上常分叉为3~4层。11号煤层全区比较稳定, 平均厚度3.74m。山西组含煤4层(图2), 其中仅4号煤层全区可采。4号煤层在区内又常分叉为两层, 全区平均厚度可达10m左右。

## 2 样品与实验

本次研究分别对大同煤田煤峪口矿、平朔矿区安太堡露天矿和阜新盆地海洲露天矿采取了煤层剖面样品和刻槽样品。在煤峪口矿采集了11号煤层和12号煤层剖面样品(图2)。在取样剖面中, 11号煤层和12号煤层合并, 煤层厚度共计7.85m。煤层结构简单, 仅煤层中部含有2层夹矸, 分别为0.15m和0.10m。宏观煤岩类型主要为条带—线理状半亮煤和暗淡煤。在煤层掌子面上共采集分层样品18个。在安太堡露天矿采集了9号煤层剖面样品(图2)。在取样剖面中煤层厚度15m。煤层结构简单, 为条带—线理状半亮和半暗煤。在新鲜开采面上共采取分层样品13个。在海洲露天矿采集了太平煤层、中间煤层和孙家湾煤层的刻槽样品(图2)。在取样剖面中, 煤层结构均比较简单。宏观煤岩类型以条带

状光亮-半亮煤为主。太平煤层在矿区东部为单一煤层,厚度 40~50m,连续刻槽取样 2 个。太平煤层在矿区中部分叉为两层,分别为上太平层煤和下太平层煤,下太平层煤厚度 15~20m,连续刻槽取样两个。在海洲露天矿的西南部分别采取了中间层煤层(厚度 10m)和孙家湾层煤层(厚度 14m)的刻槽样品。

对所取样品进行了岩石学分析、工业分析、全硫含量和微量元素含量测定,微量元素测定在西班牙巴塞罗那地球科学研究所利用 ICP-MS 完成。

### 3 结果和讨论

表 1 显示了研究煤样的工业分析、全硫含量的分析结果。由表 1 可以看出,这三个不同类型盆地煤质特征具有一定差异。大同煤以特低灰、低硫含量为特征;阜新煤以低-中灰和低硫含量为特征;平朔煤除了 SXPS11 和 SXPS7 样品具有较高的全硫含量外,其余样品均具有低硫含量,灰分含量相对较高。这三个不同类型盆地煤的煤级相差不大,它们均处于高挥发分烟煤 A 阶段。

表 1 三种不同类型盆地中研究煤样的工业分析和全硫测定结果(%)

Table 1 Proximate analyses and sulphur analyses of coal samples from three different types of basins(%)

样品	水分	灰分	挥发分	全硫	样品	水分	灰分	挥发分	全硫
孙家湾层煤	9.0	18.5	30.3	0.6	SXPS8~9	3.0	18.5	33.9	0.63
中间层煤	8.2	7.3	34.9	0.8	SXPS10	2.8	27.0	37.7	0.63
太平层煤 1	6.6	12.0	32.6	0.3	SXPS11	3.6	20.9	39.9	2.8
太平层煤 2	5.5	15.7	30.7	0.4	SXDT1~2	2.9	6.3	30.1	0.23
下太平层煤 1	5.4	17.1	33.3	0.3	SXDT3~4	2.9	3.7	30.0	0.18
下太平层煤 2	6.2	13.0	32.4	0.2	SXDT7	2.8	4.8	24.3	0.13
SXPS 1~2	3.2	16.1	35.0	0.85	SXDT9~10	2.7	5.5	26.8	0.15
SXPS 3~4	3.3	14.0	35.8	0.60	SXDT11~13	2.5	5.4	33.9	0.19
SXPS 5	3.1	15.8	35.1	0.53	SXDT15~17	2.6	5.2	27.7	0.27
SXPS 6	3.1	17.4	35.7	0.59	SXDT18	2.5	6.3	32.3	0.75
SXPS 7	3.5	11.5	37.0	1.13					

这三个不同类型盆地煤的显微组分分析见表 2。大同煤和平朔煤具有较高的惰性组分含量,但它们之间又表现出一定差异。平朔煤的惰性组分含量高于大同煤,平朔煤惰性组份含量平均达 30.3%,而大同煤为 22.8%,平朔煤中具有较高的粗粒体含量。大同煤和平朔煤镜质组分的显微组分也表现出一定的差异,平朔煤比较富基质镜质体,大同煤比较富结构镜质体。阜新煤以富镜质组分和贫惰性组分为特征。镜质组分含量均在 84% 以上,而且主要以富结构镜质体和均质镜质体为特征,惰性组分含量均在 6% 以下。

应用 Diessel<sup>[7]</sup>的煤相参数,即凝胶化指数(GI)和结构保存指数(TPI),编制了阜新煤、平朔煤和大同煤的 Diessel 煤相图(图 3)。结构保存指数(TPI)主要表明泥炭沼泽的埋藏速度和沼泽基底的构造沉降速度。凝胶化指数主要表明泥炭沼泽的氧化还原性。高的结构保存指数表明泥炭沼泽的快速埋藏或沼泽基底的快速沉降,而低的结构保存指数表明泥炭沼

泽的缓慢埋藏或沼泽基底的缓慢沉降。高的凝胶化指数表明泥炭沼泽处于比较还原的条件,而低的凝胶化指数表明泥炭沼泽处于比较氧化的环境。由这三个不同类型盆地煤中显微组分计算的结构保存指数和凝胶化指数(表2)可以看出:阜新煤具有高的凝胶化指数和结构保存指数;大同煤和平朔煤具有相对低的凝胶化指数和结构保存指数;大同煤的凝胶化指数和结构保存指数略高于平朔煤。由Diessel煤相图也可以明显看出它们可分为三群。这些特征说明,阜新煤形成于具有较潮湿的沉积环境和较快速的埋藏条件,而大同煤和平朔煤则形成于相对氧化的沉积环境和较缓慢的埋藏条件。而且,平朔煤与大同煤又有一定差异,平朔煤中具有较高含量的粗粒体,表明泥炭沼泽形成时的覆水深度比较频繁地变化,而大同煤田煤中粗粒体含量较低,表明泥炭沼泽形成时可能处于高位沼泽。

表2 三种不同类型盆地中研究煤样的显微组分分析结果(%)

Table 2 Maceral analyses of coal samples from three different types of basins(%)

样品	镜质组分			惰性组分			壳质组分	矿物	GI	TPI
	基质镜质体	结构镜质体	均质镜质体	丝质体	半丝质体	粗粒体				
SXPS1~2	30.6	22.2	5.3	1.0	19.0	13.7	3.4	5.3	3.59	1.07
SXPS3~4	30.2	26.5	4.9	0.6	18.2	13.0	3.2	3.2	3.96	1.16
SXPS5	24.9	19.8	3.2	0.5	21.0	20.2	4.6	5.5	3.19	0.99
SXPS6	33.2	30.0	5.6	0.5	13.9	5.4	4.6	6.8	5.15	1.30
SXPS8~9	28.3	18.6	3.8	0.3	21.7	17.4	3.1	6.8	3.10	0.93
SXPS10	30.1	9.0	12.2	1.5	15.2	17.8	3.2	11.0	4.14	0.79
SXPS11	25.2	31.7	18.4		5.7	6.5	2.0	10.4	14.35	1.76
SXDT1~2	26.5	31.3	11.7	1.4	20.4	6.9	0.4	1.3	3.5	1.40
SXDT3~4	24.8	32.8	15.2	1.5	18.2	8.0	0.3	0.2	4.1	2.06
SXDT7	21.4	63.2	2.4		9.3	2.6	0.5	0.7	9.63	3.12
SXDT9~10	30.4	34.0	7.7	1.0	15.1	9.3	1.2	1.5	5.06	1.46
SXDT11~13	20.8	27.5	30.2	2.2	13.9	3.7	0.7	1.0	5.11	3.01
SXDT15~17	22.6	36.7	14.1	0.8	19.4	5.5	0.2	0.6	3.91	2.53
SXDT18	28.1	26.0	28.4		10.4	3.7		3.4	8.29	2.04
孙家湾层煤	30.0	30.2	23.2		6.2		6.6	3.8	13.45	1.99
中间层煤	12.6	37.2	37.2		2.2		6.8	3.8	39.55	6.08
太平层煤1	7.8	60.2	22.0		1.6		4.6	3.8	56.25	10.74
太平层煤2	7.4	50.0	26.8		3.8		6.0	6.0	22.16	10.89
下太平层煤1	16.2	39.2	27.6		6.0		7.2	3.8	13.83	4.49
下太平层煤2	16.2	36.0	35.6		4.6		4.6	3.0	19.09	4.70

这三个不同类型盆地煤的微量元素分析见表3。将表3中不同类型盆地煤的微量元素含量进行对比,可以明显看出,平朔矿区Li、Ti、Cu、Ga、Zr、Sn、Sb、Hf、Ta、W、Pb、Th、U和稀土元素含量明显高于大同和阜新矿区,而Co、Ni、Ba含量明显低于大同和阜新矿区。与世界平均范围值相比较<sup>[8]</sup>,平朔煤中的Li、Ga、Sr、Zr、Sn、Ta、Th、U明显富集,高于世界平均范围值,而Co、Ni、Ba、Cs、Y、Rb、Cr、Ge含量低于世界平均范围值。大同矿区Ni、Ba、Sr含量明显高于阜新和平朔矿区,而Be、B、Sc、Ti、V、Zn、Cu、Ga、Y、Mo、Pb、Th、U含量明显低于阜新和平朔矿区。与世界平均范围值相比较,大同矿区仅Ni、Sr明显富集,高于世界平均范围值。而Li、Sc、Cr、Ga、Ge、Rb、Y、Mo、Zr、Cs、Sn、U含量低于世界平均范围值。阜新矿区Cr、

表3 三个不同类型盆地中研究煤样的微量元素分析结果( $10^{-6}$ )Table 3 Trace element analyses of coal samples from three different types of basins( $10^{-6}$ )

元素	平朔	大同	阜新	元素	平朔	大同	阜新
Li	$\frac{61.0}{34.5\sim 86.8}$	$\frac{6.3}{4.0\sim 9.7}$	$\frac{4.6}{1.8\sim 6.4}$	Cs	$\frac{0.12}{0.00\sim 0.31}$	$\frac{0.13}{0.00\sim 0.93}$	$\frac{1.7}{1.0\sim 2.4}$
Be	$\frac{1.5}{1.1\sim 2.0}$	$\frac{0.7}{0.2\sim 2.7}$	$\frac{1.1}{0.3\sim 2.4}$	Ba	$\frac{59.9}{40.9\sim 98.0}$	$\frac{146.0}{108.6\sim 446.6}$	$\frac{111.5}{94\sim 139}$
B	$\frac{50.3}{38.8\sim 75.8}$	$\frac{36.3}{20.4\sim 51.7}$	$\frac{69.5}{51\sim 91}$	La	$\frac{23.1}{9.9\sim 32.5}$	$\frac{8.1}{4.3\sim 11.1}$	$\frac{6.7}{3.3\sim 10.9}$
Sc	$\frac{4.6}{2.1\sim 6.2}$	$\frac{1.4}{0.77\sim 4.5}$	$\frac{5.9}{3.9\sim 7.9}$	Ce	$\frac{38.6}{11.4\sim 93}$	$\frac{10.1}{6.5\sim 16.5}$	$\frac{13.3}{6.3\sim 23.3}$
Ti	$\frac{908}{180\sim 1463}$	$\frac{246}{140\sim 334}$	$\frac{583}{100.0\sim 700.0}$	Pr	$\frac{4.8}{2.0\sim 9.3}$	$\frac{1.2}{0.66\sim 1.8}$	$\frac{1.7}{0.8\sim 3.0}$
V	$\frac{21.8}{15.1\sim 34.8}$	$\frac{15.1}{7.6\sim 35.8}$	$\frac{20.4}{14.3\sim 28.0}$	Nd	$\frac{15.4}{7.3\sim 26.5}$	$\frac{4.0}{2.2\sim 5.9}$	$\frac{5.8}{2.7\sim 9.9}$
Cr	$\frac{9.3}{6.7\sim 11.7}$	$\frac{8.8}{5.3\sim 22.7}$	$\frac{27.9}{13.1\sim 45.5}$	Sm	$\frac{2.9}{1.6\sim 3.8}$	$\frac{0.73}{0.42\sim 1.25}$	$\frac{1.2}{0.7\sim 2.3}$
Co	$\frac{1.4}{0.72\sim 2.4}$	$\frac{3.2}{0.44\sim 15.1}$	$\frac{6.0}{3.6\sim 8.3}$	Eu	$\frac{0.41}{0.15\sim 0.59}$	$\frac{0.03}{0.00\sim 0.22}$	$\frac{0.32}{0.2\sim 0.6}$
Ni	$\frac{10}{2.4\sim 40.8}$	$\frac{28.9}{4.1\sim 174.6}$	$\frac{14.5}{5.0\sim 22.0}$	Gd	$\frac{3.04}{1.67\sim 4.20}$	$\frac{0.76}{0.46\sim 1.38}$	$\frac{1.12}{0.6\sim 2.1}$
Zn	$\frac{45.6}{10.4\sim 59.6}$	$\frac{29.9}{13.3\sim 61.3}$	$\frac{36.2}{22.0\sim 61.3}$	Tb	$\frac{0.48}{0.27\sim 0.6}$	$\frac{0.10}{0.06\sim 0.22}$	$\frac{0.17}{0.1\sim 0.4}$
Cu	$\frac{16.9}{8.4\sim 27.8}$	$\frac{7.9}{5.4\sim 18.3}$	$\frac{11.7}{8.2\sim 13.8}$	Dy	$\frac{2.8}{1.6\sim 3.6}$	$\frac{0.55}{0.20\sim 1.40}$	$\frac{1.05}{0.5\sim 2.2}$
Ga	$\frac{13.8}{10.3\sim 17.8}$	$\frac{1.8}{1.3\sim 2.7}$	$\frac{4.5}{2.0\sim 7.8}$	Ho	$\frac{0.53}{0.33\sim 0.65}$	$\frac{0.14}{0.09\sim 0.28}$	
Ge	$\frac{0.61}{0.49\sim 0.78}$	$\frac{0.76}{0.16\sim 3.06}$	$\frac{0.55}{0.2\sim 0.9}$	Er	$\frac{1.51}{0.96\sim 2.01}$	$\frac{0.31}{0.10\sim 0.81}$	$\frac{0.6}{0.3\sim 1.3}$
As	$\frac{6.9}{4.14\sim 10.3}$	$\frac{4.8}{3.2\sim 7.0}$	$\frac{4.98}{2.6\sim 7.2}$	Hf	$\frac{5.4}{3.4\sim 8.7}$	$\frac{1.3}{0.59\sim 2.0}$	$\frac{0.78}{0.5\sim 1.3}$
Rb	$\frac{1.19}{0.35\sim 2.9}$	$\frac{1.3}{0.38\sim 5.1}$	$\frac{21.5}{10.0\sim 37.0}$	Ta	$\frac{4.9}{1.3\sim 17.0}$	$\frac{1.9}{0.26\sim 7.5}$	$\frac{0.92}{0.3\sim 1.8}$
Sr	$\frac{208.5}{88\sim 427}$	$\frac{260.0}{45\sim 1262}$	$\frac{69.83}{49.0\sim 87.0}$	W	$\frac{7.3}{0.25\sim 19.4}$	$\frac{2.0}{0.00\sim 13.9}$	$\frac{1.22}{0.7\sim 2.0}$
Y	$\frac{6.6}{4.2\sim 8.3}$	$\frac{1.84}{0.89\sim 4.3}$	$\frac{5.9}{2.6\sim 11.7}$	Tl	$\frac{0.28}{0.00\sim 0.88}$	$\frac{0.15}{0.00\sim 0.54}$	$\frac{0.28}{0.2\sim 0.4}$
Zr	$\frac{83.4}{62\sim 97}$	$\frac{20.2}{7.5\sim 49.7}$	$\frac{12.5}{9.0\sim 15.0}$	Pb	$\frac{27.3}{12.2\sim 47.4}$	$\frac{6.7}{3.7\sim 10.1}$	$\frac{10.6}{5.4\sim 15.4}$
Mo	$\frac{2.3}{1.2\sim 4.3}$	$\frac{0.59}{0.27\sim 1.0}$	$\frac{5.1}{2.2\sim 7.3}$	Th	$\frac{12.4}{9.0\sim 19.8}$	$\frac{1.9}{1.04\sim 3.1}$	$\frac{3.8}{2.0\sim 7.6}$
Sn	$\frac{6.5}{1.9\sim 28.1}$	$\frac{1.7}{0.86\sim 3.2}$	$\frac{1.4}{0.8\sim 1.8}$	U	$\frac{3.7}{2.5\sim 5.0}$	$\frac{0.88}{0.33\sim 1.3}$	$\frac{1.7}{0.6\sim 4.8}$
Sb	$\frac{3.1}{0.11\sim 11.6}$	$\frac{1.1}{0.00\sim 7.8}$	$\frac{0.4}{0.3\sim 0.5}$				

注: 平均值/最小值~ 最大值, 数据由西班牙巴塞罗那地球科学研究所使用 ICP-MS 测试。

Co、Rb、Mo、Cs、B 含量明显高于大同和平朔矿区, 而 Sr、Zr、Sb 明显低于大同和平朔矿区。与世界平均范围值相比较, 阜新矿区仅 Cr、Mo 明显高于世界平均范围值, 而 Li、Ge、Sr、Y、

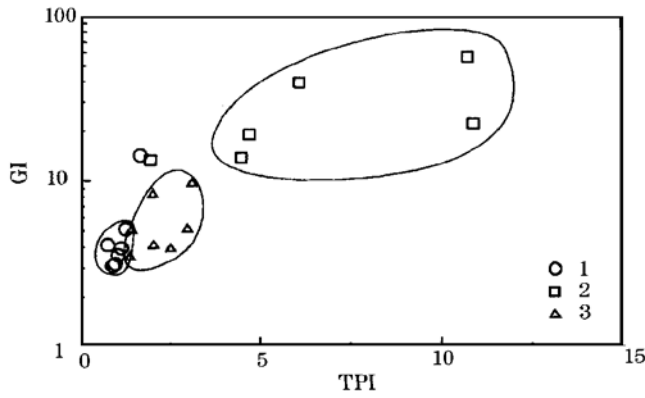


图 3 研究样品的 Diessel 煤相图

Fig. 3 Diessel's coal facies of the studied coal samples

1—平朔煤; 2—阜新煤; 3—大同煤

Zr Sn 含量低于世界平均范围值。

通过这三个不同类型盆地的沉积环境背景、煤质和煤相特征的综合分析,认为这三个不同类型盆地煤的微量元素差异由下列因素控制:

(1) 泥炭沼泽形成时的沉积环境背景

很明显,具有海陆交互相沉积环境背景的平朔矿区煤中的灰分含量和硫含量都明显高于陆相沉积环境背景的大同煤峪口和阜新海州矿区。从我国煤田预测煤质化验成果综合表也可看出,与海水有关或受海水影响的含煤盆地煤中的硫含量和灰分含量一般也高于没有受海水影响的

陆相含煤盆地。这与泥炭沼泽形成过程中,由于受海水影响引起沼泽水体的矿化程度增高有关<sup>[9]</sup>。由于海陆交互相沉积环境背景沼泽水体的矿化程度高,因此所形成的煤层煤中微量元素的总体含量也较高。平朔和大同矿区同样处于比较氧化的环境,但平朔矿区的微量元素总量明显高于大同矿区。

(2) 泥炭沼泽相

泥炭沼泽按水分的补给来源一般划分为三种类型:高位沼泽,低位沼泽和过渡型沼泽<sup>[10]</sup>。高位沼泽主要以大气降水补给作为主要来源,因此沼泽水体矿化度较低,而且具有较高的酸度;低位沼泽主要以地下水补给作为主要来源,因此沼泽水体矿化度较高,通常是富养分的,而且具有较低的酸度,一般为中性到弱碱性<sup>[9]</sup>。由大同和阜新矿区的对比可以看出,这两个矿区都属于陆相沉积环境背景,但阜新矿区泥炭沼泽属于比较还原的潮湿森林沼泽,而大同矿区属于比较氧化的高位沼泽,因此,阜新矿区煤中灰分含量和硫含量都明显高于大同矿区,煤中微量元素的总量也高于大同矿区,其中 Cr、Co、Rb、Mo、Cs、B 含量明显高于大同矿区和平朔矿区。在对平朔矿区安太堡露天矿 9 号煤层剖面样品研究中也发现,Cs Sn Te Bi Co Mo Au Tl W Cu 以及 B As 易于在相对还原性强的泥炭中富集,而 Pt Cr Se Li Zr Ce Ag Pr Nd La V U Tb Sm Eu Be Ti 易于在相对氧化性强的泥炭中富集<sup>[11]</sup>。

(3) 物源区

物源区对煤中微量元素含量的影响是一个很重要的方面,特别是陆相含煤盆地。一些异常高含量的微量元素往往与物源区有关,例如我国云南一些煤田煤中砷和锆的分布就明显受物源区地层的影响<sup>[12, 13]</sup>。阜新矿区煤中 Cr 和 Mo、大同矿区煤中 Ni 和 Sr 明显富集,这可能也主要与泥炭沼泽形成时物源区地层有关。

这三个不同类型盆地煤中稀土元素含量也有较大差异,平朔矿区稀土元素的含量明显高于大同和阜新矿区,但三者的球粒陨石标准化稀土元素配分模式都表现出明显的右倾,仅平朔和大同矿区 Eu 元素出现明显亏损(图 4)。由此可以看出,Eu 元素的亏损与泥炭沼泽

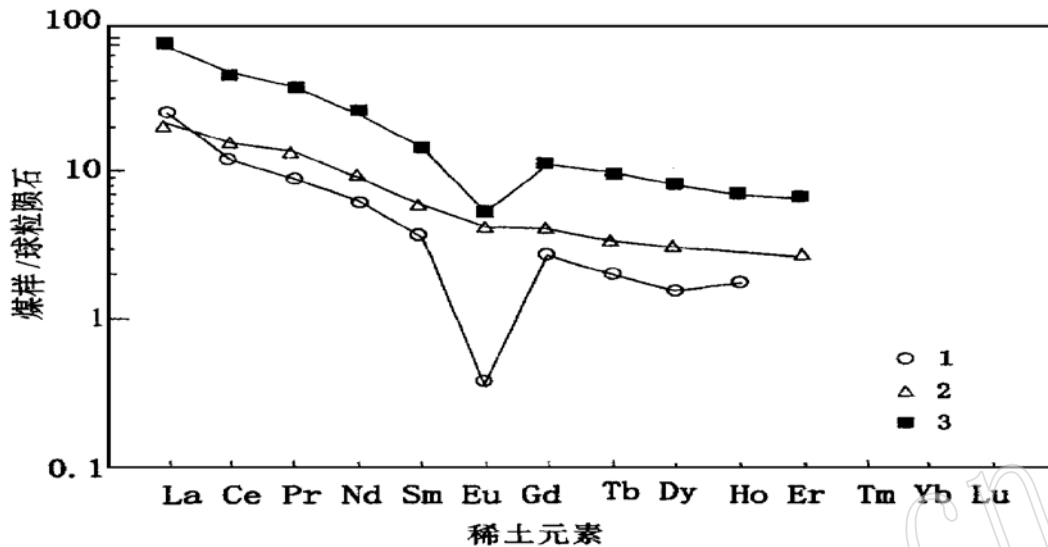


图4 三种不同类型盆地中研究样品的稀土元素配分图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of coals from three different types of basins

1—大同煤田; 2—阜新盆地; 3—平朔矿区

沉积环境的氧化还原条件具有明显的关系。越氧化的泥炭沼泽环境, Eu 元素的亏损越明显(大同煤田), 比较还原的泥炭沼泽环境, Eu 元素的亏损不明显(阜新盆地)。这种变化与 Eu 元素自身的元素化学性质有关<sup>[14]</sup>。

#### 参 考 文 献

- 1 李思田 主编. 断陷盆地分析与煤聚积规律. 北京: 地质出版社, 1988.
- 2 Wu C, Li S, Cheng S. Humid-type alluvial fan deposits and associated coal seams in the lower Cretaceous Haizhou Formation, Fuxin Basin of Northeastern China. In: McCabe P J, Parrish J T (Eds), Controls on the distribution and quality of Cretaceous coal. Special Paper 267, Geological Society of America, 1992, 269~ 286.
- 3 Cheng S, Fu X, Huang Y. Reconstruction of Early-Middle Jurassic large Ordos basin and tectonic setting. Journal of China University of Geosciences, 1997, 8 (1): 49~ 52.
- 4 山西矿业学院, 大同矿务局. 大同侏罗纪含煤地层沉积环境与聚煤特征. 北京: 科学出版社, 1991.
- 5 韩德馨, 杨 起 主编. 中国煤田地质学(下册). 北京: 煤炭工业出版社, 1980.
- 6 煤炭科学院地质勘探分院, 山西煤田地质勘探公司. 中国平朔矿区含煤地层沉积环境. 西安: 陕西人民教育出版社, 1987.
- 7 Diessel C F K. On the correlation between coal facies and depositional environments. In: Proceedings of the 20th Newcastle Symposium. [S. l.]: University of Newcastle, 1986, 19~ 22.
- 8 Swaine D J. Trace elements in coal. [S. l.]: Butterworth, 1986.
- 9 Stach E, Mackowsky M T, Teichmüller M, Taylor G H, Chandra D, Teichmüller R. Stach's Textbook of Coal Petrology, 3rd ed, Gebrüder Bornträger, Stuttgart, 1982, 535.
- 10 武汉地质学院煤田教研室. 煤田地质学(上册). 北京: 地质出版社, 1981.
- 11 庄新国, 曾荣树, 徐文东. 山西平朔安太堡露天矿9号煤层中的微量元素. 地球科学, 1998, 23 (6): 583~ 587.
- 12 周义平. 云南某些煤中砷的分布及其控制因素. 煤田地质与勘探, 1983, (3): 1~ 8.
- 13 汪毓煌. 滇西褐煤伴生元素锆的富集及评价. 煤田地质与勘探, 1992, 20 (3): 26~ 30.



14 刘英俊, 曹励明 主编. 元素地球化学导论. 北京: 地质出版社, 1987.

## Comparative Studies of Trace Elements in Coals from Three Different types of Basins

Zhuang Xinguo, Xiang Caifu

(Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Zeng Rongshu, Xu Wendong

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Key words:** trace element; coal; different types of basins

### Abstract

Comparative studies of trace elements in coals were carried out for three mining areas in three different types of basins, i. e., the Haizhou openpit mine in Fuxin basin, the Meiyukou mine in Datong coalfield and the Antaibao openpit mine in Pingshuo coalfield, Shuoxian County. This paper summarizes characteristics and differences of trace elements in coals of the three different types of basins ( faulted basin, epicontinental sea basin and large\_size intracontinental down\_warped basin), and points out that the main factors responsible for these differences are sedimentary environment for the formation of the peat bog, peat bog facies and source areas of the basins. The seawater\_influenced Pingshuo coals have relatively high content of Li, Ti, Cu, Ga, Zr, Sn, Hf, Ta, W, Pb, Th, U and REE, the continental Datong coals are characterized by comparatively high Ni and Ba, and Fuxin coals are noted for evidently high Cr, Co, Rb, Mo, Cs and B. The depletion of Eu in coals are mainly related to the oxidation\_reduction of the peat bog: the higher the oxidation of the peat bog, the more obvious the Eu depletion.