

文章编号: 0253-9993(2012)01-0096-07

中国典型高砷煤中砷与煤质特征之间的关系及砷的赋存状态

傅 丛, 白向飞, 姜 英

(煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013)

摘 要: 根据《中国煤种资源数据库》中有关煤中砷含量分布数据的统计结果, 结合中国煤中砷含量分布等值线图及高砷煤矿的地区分布, 总结了我国高砷煤的地理分布特征, 即我国高砷煤分布范围较广, 但以点状分布为主, 大范围的高砷煤区较少。通过对我国典型高砷煤中砷与煤质特性的相关关系研究以及对其赋存状态的探讨, 得出: 高砷煤以低阶煤为主, 其煤中砷与灰分、硫分、灰成分关系复杂; 典型高砷煤中砷与硫分关系密切, 浮沉试验不同密度级产物中砷含量与全硫含量变化趋势非常一致; 典型高砷煤中砷主要分布于以单独颗粒状分布的黄铁矿中, 而以细粒浸染状产出的黄铁矿含量较低。

关键词: 砷; 煤质特征; 赋存状态; 等值线图

中图分类号: X53

文献标志码: A

Discussion on the relationship between the content of Arsenic and the coal quality characteristic and the Arsenic modes of occurrence in Chinese high Arsenic coal

FU Cong, BAI Xiang-fei, JINAG Ying

(Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: Based on the statistic results of the related data of Arsenic in coal samples from 'Chinese coal resource database', the contours of Arsenic content in coals and the geography of high Arsenic diggings in China, the dependency relation of Arsenic in Chinese high-Arsenic coals with the coal quality was analyzed, and the concentration distribution of Arsenic in Chinese high-Arsenic coals was generalized in the dissertation. The distribution of high-As is wide-ranging with spot distribution. The correlation analysis between the distribution of Arsenic of Chinese high Arsenic coal, coal quality characteristic and the Arsenic modes of occurrence in Chinese high Arsenic coal were discussed, some conclusions were drawn. The high Arsenic coal is primary with the lower grade coal. The relationship between Arsenic content and ash content, total sulfur content, coal ash in high Arsenic coal are complicated. There is an obvious correlation between the content of Arsenic and total sulfur content in Chinese high Arsenic coal, the varied tendency of the content of Arsenic and total sulfur content in different density of float-sink test is concordance. The element of Arsenic in high-As mainly distribute in pyrite sulfur with single graininess, the content of pyrite sulfur with fine impregnation is relatively lower.

Key words: Arsenic; coal quality characteristic; mode of occurrence; contour

煤中的砷是重要的环境元素, 在煤的加工利用中将对环境造成威胁^[1-15]。我国煤田地质条件复杂, 在

一些矿区已出现砷异常富集和燃用富砷煤引发环境污染的情况^[1-4], 矿业活动释放的砷已通过土壤、含

砷的饮用水以及食物链途径威胁到人体健康^[5]。高砷环境会影响儿童智商、孕妇的身体健康,甚至导致高砷环境地区的新生儿畸形率增高^[6];长期摄入高砷煤污染的室内空气和粮食会导致砷中毒,其对癌症的发生具有直接作用^[7-9]。由于高砷煤的使用,造成的砷中毒事件也已经成为客观事实,引起了各国、各级政府及社会各界的高度重视^[10]。高砷煤在深层地下水等自然环境下砷的淋滤和溶出是否可能引起水砷中毒、如何有效利用高砷煤以及减少砷污染物排放对环境的污染^[11]将是今后研究的重要内容,开展中国高砷煤危害性的评价是我国环境保护的迫切需要。

目前我国针对高砷煤利用的对策主要包括:严禁高砷煤的开采^[16]、改水改灶^[17]、强调不能食用高砷煤烘烤的食物以及对现症病人进行了不同疗程的驱砷治疗^[18]等。但对高砷煤的利用不能只是简单地禁止开采及利用,而是应该更深层次地结合我国高砷含量的煤炭资源情况和加工利用现状对典型高砷煤的煤质特征、砷的赋存状态进行研究,可为环境保护和煤炭资源的合理开发利用提供科学的基础理论依据。

本文以“中国煤种资源数据库”中砷的含量及煤质特征为基本数据,分析了中国煤中砷含量及其与煤质特征之间的关系,并以一个矿区为实例,分析了砷在煤中的赋存状态,对于了解我国煤中砷的分布特征及其与煤质特征之间的关系、砷的脱除等具有一定的

意义。

1 中国高砷煤地理分布

基于《中国煤种资源数据库》中 26 个省(市、自治区)、126 个矿区、504 个煤矿 1 119 个煤层煤样和生产煤样的系统测试资料进行本次高砷煤的统计,结合 MT/T 803-1999《煤中砷含量分级》标准^[19],可得以下统计结果:高砷煤(即四级含砷煤)占总样品的 2.5%,但高砷煤中砷含量可高达 476 $\mu\text{g/g}$ 。以上结果也印证了中国煤中砷大部分都是四级以下含砷煤($w(\text{As}_d) < 25.0 \mu\text{g/g}$)的结论^[20]。

依据《中国煤种资源数据库》中不同矿区煤中砷算术平均含量可绘制出中国煤中砷含量分布等值线图。从该等值线图可以看出,在全国范围内,高砷煤分布范围较广,但是以点状分布,没有形成大范围的高砷煤区。在地理分布上,高砷煤主要位于东北三省(黑龙江双鸭山、吉林珲春、辽宁铁法)、河南义马、山东新汶、山西大同、广西南宁、广东坪石及四川、甘肃和云南的部分地区。

2 高砷煤中砷含量与煤质特征的关系

表 1 为中国不同成煤时代高砷煤的煤类及煤质指标。由表 1 可知,高砷煤中砷分布与煤质特性表现为一种较复杂的相关关系。

表 1 中国不同成煤年代高砷煤煤质指标

Table 1 The contents of coal quality in coals from different ages in China

矿 区	成煤年代	煤种	$w(\text{As}_d) / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	$A_d / \%$	$w(S_{td}) / \%$	煤灰成分 / %								
						SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
大同矿区	早、中侏罗世	不黏煤	90.0	9.50	0.92	45.83	16.34	29.69	0.68	2.85	1.75	1.87		
铁法矿区 I	晚侏罗世	长焰煤	27.0	32.10	0.62	61.32	21.53	7.33	1.21	1.98	1.17	1.60		
铁法矿区 II	晚侏罗世	长焰煤	39.0	31.25	0.68	60.29	20.92	9.15	1.13	2.27	1.65	1.77		
蛟河矿区 I	晚侏罗世	长焰煤	68.0	37.00	0.35	61.31	21.44	6.45	1.20	1.80	1.57	3.05	1.12	0.93
蛟河矿区 II	晚侏罗世	长焰煤	77.0	30.00	0.65	64.28	21.76	5.13	1.03	2.26	1.44	2.91	0.76	1.01
辽源矿区	石炭、二叠纪	气煤	139.0	35.60	0.60	44.64	42.33	5.04	1.05	3.07	2.17	2.54	1.08	1.76
双鸭山矿区	晚侏罗世	气煤	125.0	9.05	0.20	55.34	22.90	6.13	1.55	6.56	1.63	2.14	1.22	0.83
七台河矿区	晚侏罗世	1/3 焦煤	75.1	29.15	0.31	65.16	21.85	4.11	0.96	1.78	0.85	0.42	1.96	0.66
大屯矿区	石炭、二叠纪	1/3 焦煤	30.0	19.20	0.80	43.52	34.24	4.25	1.33	10.08	1.96	1.95	0.42	0.53
新汶矿区	石炭、二叠纪	气肥煤	41.0	20.85	2.44	50.77	28.41	9.54	1.25	3.35	1.54	2.05	0.55	0.43
义马矿区 I	早、中侏罗世	长焰煤	26.0	16.94	1.44	47.73	18.16	11.21	1.22	7.64	4.32	6.20		
义马矿区 II	早、中侏罗世	长焰煤	65.5	28.11	0.28	47.21	24.14	10.56	1.14	8.05	4.05	4.34		
义马矿区 III	早、中侏罗世	长焰煤	27.0	33.48	0.53	51.04	21.12	6.56	1.02	8.42	3.61	5.64		
义马矿区 IV	石炭、二叠纪	贫瘦煤	29.0	25.93	2.08	48.32	30.82	7.88	1.12	4.34	1.52	2.56		
资兴矿区	晚三叠纪	焦煤	476.0	29.80	3.26	44.67	29.29	18.44	0.64	2.22	1.14	2.26	1.72	0.30
韶关矿区 I	晚二叠世	肥煤	33.0	42.30	3.89	44.89	26.07	19.60	1.73	6.48	1.03	0.06		
韶关矿区 II	晚二叠世	肥煤	35.0	17.75	3.75	31.59	16.81	19.28	1.17	14.17	13.08	0.15		

续表

矿 区	成煤 年代	煤种	$w(A_{S_d}) /$ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	$A_d /$ %	$w(S_{1,d}) /$ %	煤灰成分 / %								
						SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
南宁矿区 I	早第三纪	无烟煤	28.0	23.32	1.62	44.18	25.47	6.75	0.83	9.57	3.25	8.35	0.37	0.41
南宁矿区 II	早第三纪	褐煤	30.0	26.30	1.97	37.90	16.53	12.57	0.78	13.96	4.27	11.20	0.51	0.30
百色矿区 I	早第三纪	长焰煤	67.0	42.22	1.39	36.72	17.67	11.03	0.66	16.24	4.49	12.41	0.60	0.21
百色矿区 II	早第三纪	长焰煤	32.0	31.84	2.41	40.12	15.25	9.12	1.75	19.25	3.89	6.14	0.75	0.70
百色矿区 III	早第三纪	长焰煤	55.0	28.65	1.88	36.50	17.40	14.50	0.80	14.20	3.60	8.56		
右江矿区	早第三纪	褐煤	50.0	26.20	2.37	38.14	20.12	11.79	0.77	10.78	3.96	11.38	1.46	1.60
百色矿区 IV	早第三纪	长焰煤	41.0	24.85	0.96	52.74	31.16	8.05	0.68	1.43	1.42	0.80	2.64	0.55
水城矿区	晚二叠世	焦煤	50.0	22.30	0.55	53.02	24.01	6.70	2.15	4.79	1.29	2.55	0.95	0.71
一平浪矿区	晚三叠世	肥煤	32.0	19.68	1.90	57.68	23.73	11.59	1.02	1.19	2.82	0.70	0.83	0.54
开县矿区	晚二叠世	瘦煤	32.0	21.50	2.50	55.80	22.47	4.04	1.20	8.60	1.55	3.00	1.53	0.29
窑街矿区	中侏罗纪	不黏煤	27.0	12.45	0.45	33.91	19.57	8.79	1.18	15.93	6.20	6.75	0.50	0.60

(1) 高砷煤中砷与灰分的关系复杂。由表 1 的数据可知,高砷煤砷含量与灰分的相关系数为 0.080 7。在高砷煤样品中,高灰煤仅占 7.14%,中高灰、中灰煤、低中灰、低灰分别占 21.43%、46.43%、17.86%、7.14%。中灰煤占的比例最大,而且中灰煤及其以下的高砷煤样品数占总样品数的 71.43%,表明煤中砷不仅与成煤过程中外来碎屑有关,盆地水介质、后期构造变动、煤岩组成都对煤中砷的富集产生影响。

(2) 煤中砷的来源比较复杂。高砷煤不仅在高硫煤矿区分布,在低硫煤矿区也常见,总体上高砷煤中有相当比例为中低硫煤。从表 1 统计可知,高砷煤砷含量与全硫的相关系数为 0.170 4。在高砷煤样品中,高硫煤仅占 10.71%,中高硫煤占 17.86%,中硫煤占 14.29%,低中硫煤占 7.14%,低硫煤占 32.14%,特低硫煤占 17.86%。

(3) 高砷煤主要为低阶煤。由表 1 可知,不同高砷煤煤类的样品个数占高砷煤总样数的比例分别为:褐煤 7.14%,长焰煤 39.30%,不黏煤 7.14%,气煤 7.14%,气肥煤 3.60%,1/3 焦煤 7.14%,肥煤 10.71%,焦煤 7.14%,瘦煤 3.60%,贫瘦煤 3.60%,无烟煤 3.60%。高砷煤煤类从褐煤、低变质烟煤到无烟煤均有分布,但主要为低阶煤。少数较高变质程度的高砷煤,其中砷来源更多地与煤层后期构造变动有关。

(4) 不同时代形成的高砷煤中矿物组成有比较显著的差异,但总体上大多数高砷煤煤灰中的 SiO₂ 含量较高。煤灰成分可反映出不同时代煤中矿物组成的不同,如东北地区的阜新、铁法、蛟河、双鸭山和七台河等矿区的晚侏罗世煤灰中的 SiO₂ 含量常达 50%~65% 以上,Al₂O₃ 在 19%~25% 以下(图 1),表

明这些地区煤中的矿物组成中除有黏土矿物以外,还有石英类等二氧化硅矿物,而西南地区高硫的晚二叠世乐平煤系的煤灰成分中 Fe₂O₃ 含量常达 10%~25% 以上,表明其原煤的矿物质中常含有较多的黄铁矿以及少量的砷黄铁矿。总体上,大多高砷煤煤灰中 SiO₂ 含量较高。富 SiO₂ 的煤灰,其矿物成分中伊利石或蒙脱石型黏土矿物占主要地位,此为高砷煤大多为高 SiO₂ 含量煤的原因之一。

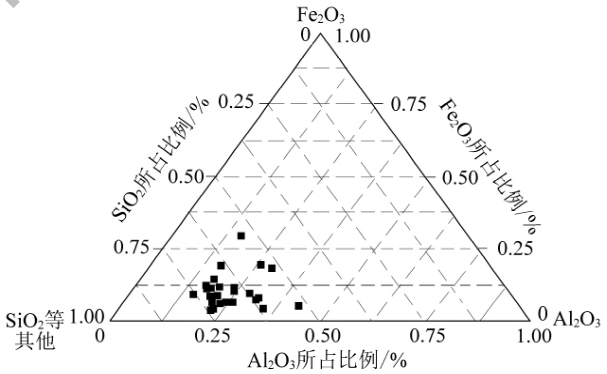


图 1 不同高砷煤的煤灰成分三角图

Fig. 1 Ternary diagram illustrating of the coal ash composition

3 典型高砷煤中砷的赋存状态研究

选取东北某高砷煤田煤作为研究对象(表 2)。该煤田为上侏罗纪隐伏矿区,煤炭储量(A+B+C 级)1.23 亿 t,井田煤层稳定(含有可采煤层 1 层,厚度 0.10~7.75 m,最大可采厚度 7.50 m;根据夹矸厚度大小及变化情况,划分为 1、2、3 分煤层),结构较复杂,煤层厚度变化有规律。煤层厚度变化规律及富煤带的聚集规律主要受同沉积背斜的控制,煤层结构变化呈明显的带状分布,即从北向南煤层结构由复杂一

简单—复杂—简单—复杂的变化趋势,夹矸多为泥岩、炭质泥岩。泥岩、炭质泥岩以灰黑色为主,水平层理发育,含有丰富的动物化石,含黄铁矿结核。矿区煤种主要为长焰煤,有少量气煤。煤的挥发分产率变化很小(V_{daf} 在 40%~46%),煤的发热量($Q_{gr,ad}$)为 20~25 MJ/kg,煤层属中等灰分煤,矿区中部灰分较

低(A_d 平均为 16.79%),即其煤质特征为中灰、中~高发热量、低磷,煤的可选性为极易选~极难选,煤质变化较大。根据矿井精查阶段钻孔煤芯煤样分析数据,对该矿区高砷煤中砷含量分布与灰分、全硫含量之间进行研究,并采用浮沉试验初步分析砷赋存状态。

表 2 原煤和精煤分析数据

Table 2 The analytical data of raw coal and washed coal

%

原煤					精煤			
M_{ad}	A_d	$w(S_{t,d})$	$w(As_d)$	$w(Cl_d)$	V_{daf}	$w(C_{daf})$	$w(H_{daf})$	$w(N_{daf})$
0.78~17.11	11.58~38.27	1.05~5.77	18.1~282.90	0.001~0.026	39.16~50.94	67.48~81.68	4.85~5.55	0.80~2.33
6.77(103)	23.09(103)	2.50(101)	84.53(44)		44.17(102)	76.88(57)	5.46(57)	1.80(57)

注:数据格式为 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值(样品数)}}$; $w(As_d)$ 的单位为 $\mu\text{g/g}$ 。

3.1 典型高砷煤中砷与灰分及全硫的相关性分析

图 2 为东北某高砷煤中砷含量分布和灰分等值线图,图 3 为煤中砷含量分布与灰分的关系图。

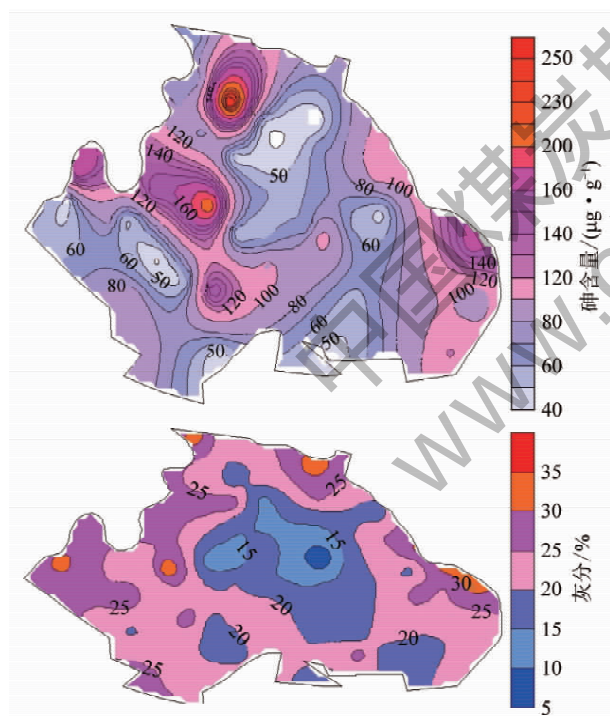


图 2 东北某高砷煤中砷含量分布和灰分等值线

Fig. 2 The contour chart of Arsenic content distribution and ash of Northeast high Arsenic coal

由图 2、3 可见,该矿区高砷煤煤层中砷含量分布与灰分关系不明显,其煤中砷与灰分的相关系数为 -0.07,同时,东北某高砷煤样中砷与灰成分之间相关系数表明,煤中砷与各种灰成分之间也无显著相关关系(表 3),因此,该煤中的砷与灰分之间相关性相对较弱。

图 4 为东北某高砷矿区煤中硫的等值线图,图 5

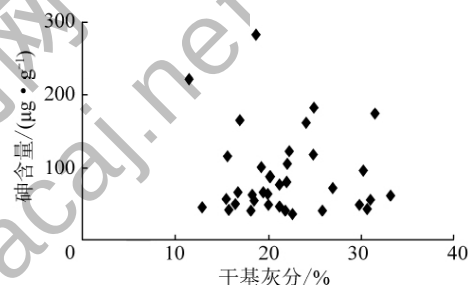


图 3 东北某高砷煤中砷与灰分的关系

Fig. 3 The relationship of the Arsenic content with ash of Northeast high Arsenic coal

为煤中砷与全硫含量关系图。由图 5 可见,该矿区煤中砷与与硫分之间存在显著相关关系,相关系数为 0.740,远大于临界相关系数(0.439, $\alpha=0.01$)。该高砷煤中砷很大一部分是以硫化物结合态存在,有利于通过洗选的方法来降低煤中砷含量。通过分析典型高砷煤矿区煤中砷含量与灰分和硫分的关系可见,该矿区煤中砷主要分布于煤中硫铁矿中。

3.2 浮沉试验

参照 GB/T 478—2008《煤炭浮沉试验方法》,对上述东北某高砷矿区的典型高砷煤生产煤样进行浮沉试验。煤样破碎至粒度小于 13 mm,分别测试不同密度级别中的灰分、全硫、成分硫和元素砷的含量,以此研究煤中砷的赋存状态。高砷煤生产煤样不同密度级煤的灰分、全硫、成分硫和元素砷含量的浮沉试验测试结果见表 4。

从表 4 可见,不同密度级煤中砷含量及全硫含量随密度的增加而增加,显示其与黄铁矿硫关系密切。黄铁矿硫越高,砷含量也越高。浮沉试验的不同密度级煤中的砷含量与灰分和全硫含量变化曲线如图 6 所示。

表 3 煤样 A 中砷与灰成分之间的相关系数

Table 3 The correlation coefficient of the Arsenic content in sample A with coal ash

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅
-0.277 0	-0.521 7	0.532 7	-0.020 9	-0.322 1	-0.224 0	0.027 4	-0.889 3	-0.231 5	-0.568 6

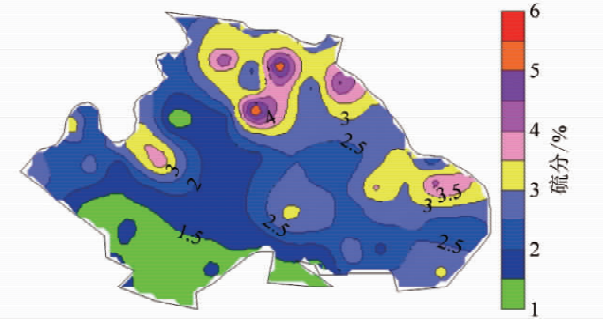


图 4 煤中全硫含量等值线
Fig. 4 The contour chart of total sulfur

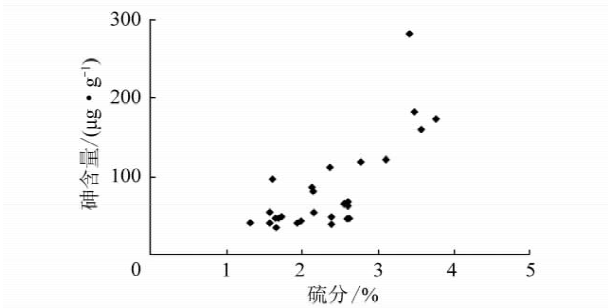


图 5 煤中砷随全硫含量的变化
Fig. 5 The variation of the Arsenic contents by total sulfur

表 4 煤浮沉试验不同产物分析数据

Table 4 The analytical data of float and sink analysis with different outgrowth

密度 / (kg · L ⁻¹)	工业分析 /%		$w(S_{t,d})$ /%	成分硫 /%			$w(As_d)$ / (μg · g ⁻¹)
	M_{ad}	A_d		$S_{p,d}$	$S_{s,d}$	$S_{o,d}$	
<1.3	8.97	4.90	0.94	0.07	0	0.88	27.67
1.3 ~ 1.4	6.89	13.17	1.65	0.86	0.02	0.77	56.43
1.4 ~ 1.5	6.10	23.66	3.32	2.35	0.03	0.94	109.22
1.5 ~ 1.6	6.11	35.13	4.33	3.42	0.06	0.85	140.38
1.6 ~ 1.8	6.67	47.54	3.90	3.13	0.08	0.70	129.36
1.8 ~ 2.0	5.30	61.47	2.91	2.31	0.06	0.54	104.48
>2.0	2.92	77.01	2.18	1.90	0.02	0.27	113.07
原煤	4.94	29.90	1.75	1.18	0.07	0.50	65.90

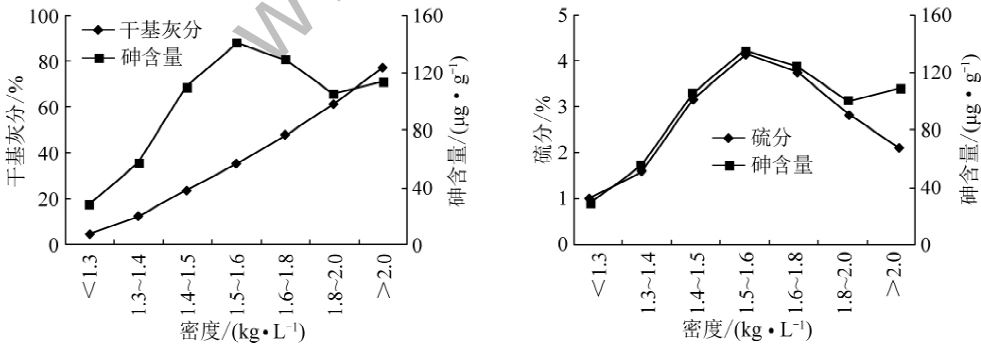


图 6 浮沉试验不同密度级产物中砷含量与灰分产率和全硫含量的变化曲线

Fig. 6 The variable curves of the Arsenic content in different density level with ash yield and total sulfur by float and sink analysis

分析图 6 可知,浮沉试验不同密度级产物中砷含量与全硫含量变化趋势非常一致,但与灰分变化曲线趋势不一致,由此表明该高砷煤中砷与硫分关系密切,煤中砷主要分布于黄铁矿中。利用浮沉试验各密度级的煤质数据进行相关分析,得煤中砷与全硫的相关系数为 0.93,与硫铁矿硫相关系数为 0.98,与灰分

的相关性也较强(相关系数为 0.65)。由此说明,该高砷煤中砷主要分布于黄铁矿中,以硫化物结合态为主。

利用光学显微镜研究该典型高砷煤层煤样的黄铁矿分布赋存特征,其煤中黄铁矿分布如图 7 所示。

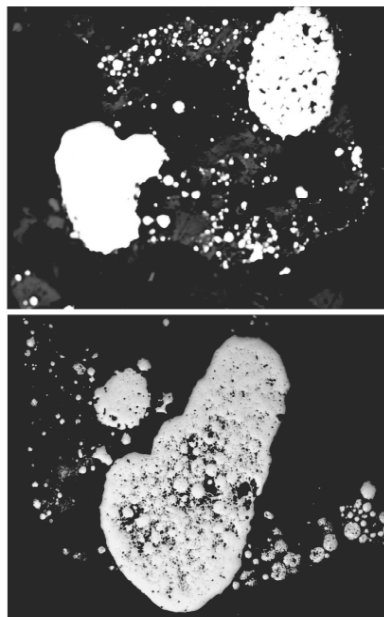


图7 煤中黄铁矿分布特征

Fig. 7 The distribution characteristics of iron pyrites

光学显微镜研究表明,该典型高砷煤中的黄铁矿主要呈单独颗粒状分布,而以细粒浸染状产出的黄铁矿含量较低。随分选密度增大($<1.5 \text{ g/L}$ 时)大多数煤中As(包括高砷煤)在浮沉实验各密度级产物中砷的含量呈明显升高的趋势,而在 $1.5 \sim 1.6 \text{ g/L}$ 密度级时产物中砷的含量达到高点。

4 结 论

(1) 中国高砷煤分布范围较广,但以点状分布为主,大范围的高砷煤区较少。高砷煤主要位于东北三省(黑龙江双鸭山、吉林珲春、辽宁铁法)、河南义马、山东新汶、山西大同、广西南宁、广东坪石及四川、甘肃和云南的部分地区。

(2) 高砷煤以低阶煤为主,其煤中砷与灰分、硫分、灰成分关系复杂。高砷煤主要聚集地质年代为成煤较晚、煤阶较低的晚侏罗-早白垩纪(J_3-K_1)、早第三纪(E)。

(3) 典型高砷煤中砷与灰分之间相关性相对较弱但与硫分关系密切,浮沉试验不同密度级产物中砷含量与全硫含量变化趋势非常一致。典型高砷煤中砷主要分布于以单独颗粒状分布的黄铁矿中,而以细粒浸染状产出的黄铁矿含量较低。

参考文献:

[1] 黄文耀,杨 芳. 湖北省煤砷含量及高砷煤分布的研究[J]. 中国地方病学杂志, 1997, 16(2): 111-112.
[2] 李 梅. 高砷煤开采和利用中砷的环境影响分析[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(4): 67-71.

Li Mei. Environmental impact assessment of As(Arsenic) during the exploitation and utilization of high-As coal[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2007, 23(4): 67-71.
[3] 张 雪,陈 桐,吴 攀,等. 燃用高砷煤对环境和人体健康的影响[J]. 河北化工, 2008, 31(6): 77-78.
Zhang Xue, Chen Tong, Wu Pan, et al. Burn with the impact of high Arsenic coal over environment and human body health [J]. Hebei Chemical Engineering and Industry, 2008, 31(6): 77-78.
[4] 安 冬,何光煜,王泉弟. 室内散灶燃煤所致二氧化硫、砷、氟污染及其危害[J]. 环境与健康杂志, 1995, 12(4): 167-168.
An Dong, He Guangyu, Wang Quandi. Indoor pollution by coal smoke containing sulphur, Arsenic and fluorine and their influence on human's health [J]. Journal of Environment and Health, 1995, 12(4): 167-168.
[5] 龚朝兵. 黔西南高砷煤开发现状与污染调查[J]. 中国煤炭地质, 2008, 20(4): 63-66.
Gong Chaobing. High Arsenic coalmine exploitation status quo and pollution survey in southwestern Guizhou Province [J]. Coal Geology of China, 2008, 20(4): 63-66.
[6] “减轻砷中毒危害”协作组. 减轻砷中毒危害的调查研究—中国与 UNICEF 合作项目技术报告(2003-2004) [J]. 中国地方病学杂志, 2006, 25(2): 178-181.
The Cooperative Group of China. Mitigation of Arsenicosis: the technical report on the project of China cooperation with UNICEF (2003-2004) [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2006, 25(2): 178-181.
[7] 李达圣,安 冬,曾 正,等. 贵州燃煤型砷中毒患者患恶性肿瘤死亡观察[J]. 中国地方病学杂志, 2004, 23(1): 42-45.
Li Dasheng, An Dong, Zeng Zheng, et al. Mortality of malignant tumor patient with endemic arsenism caused by coal-burning pollution in Guizhou [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2004, 23(1): 42-45.
[8] 雒昆利,李会杰,陈同斌. 云南昭通氟中毒区煤、烘烤粮食、黏土和饮用水中砷、硒、汞的含量[J]. 煤炭学报, 2008, 33(3): 289-294.
Luo Kunli, Li Huijie, Chen Tongbin, et al. Content of Arsenic, selenium, mercury in the coal, food, clay and drinking water in the Zhao-tong Fluorosis area, eastern Yunnan Province [J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(3): 289-294.
[9] 魏羽佳,凌淑清,周建可,等. 燃用高砷煤引起慢性砷中毒的调查[J]. 贵阳医学院学报, 1997(1): 1-7.
Wei Yujia, Ling Shuqing, Zhou Jianke, et al. Investigation of Chronic Arsenic poisoning caused by burning high Arsenic coal [J]. Journal of Guiyang Medical College, 1997(1): 1-7.
[10] 傅 丛,姜 英,白向飞. 燃煤砷污染及相关标准中砷含量限值指标探讨[J]. 煤质技术, 2009(6): 39-42.
Fu Cong, Jiang Ying, Bai Xiangfei. Discussion on Arsenic pollution from coal combustion and the limits of Arsenic content in relative standards [J]. Coal Quality Technology, 2009(6): 39-42.
[11] 罗春广,马照华. 燃煤砷污染及控制技术研究现状[J]. 内蒙古环境科学, 2008(1): 62-65.
[12] 赵开全,吴素珍. 淮北孟庄煤矿煤中砷的分布和赋存规律研究[J]. 安徽地质, 2010, 20(1): 34-37.

- Zhao Kaiquan, Wu Suzhen. Study of distribution and existence regularity of Arsenic in coal, Mengzhuang coalmine, Huaibei [J]. Geology of Anhui 2010, 20(1): 34-37.
- [13] 谢 宏, 聂爱国. 贵州西部地区煤中砷的赋存状态及其洗选特性[J]. 煤炭学报 2010, 35(1): 117-121.
- Xie Hong, Nie Aiguo. The modes of occurrence and washing floatation characteristic of Arsenic in coal from Western Guizhou [J]. Journal of China Coal Society 2010, 35(1): 117-121.
- [14] 金银龙, 梁超轲, 何公理, 等. 中国地方性砷中毒分布调查(总报告) [J]. 卫生研究 2003, 32(6): 519-540.
- Jin Yinlong, Liang Chaoke, He Gongli, et al. Study on distribution of endemic arsenism in China [J]. Journal of Hygiene Research, 2003, 32(6): 519-540.
- [15] 肖细元, 陈同斌, 廖晓勇, 等. 中国主要含砷矿产资源的区域分布与砷污染问题[J]. 地理研究 2008, 27(1): 201-212.
- Xiao Xiyuan, Chen Tongbin, Liao Xiaoyong, et al. Regional distribution of Arsenic contained minerals and Arsenic pollution in China [J]. Geographical Research 2008, 27(1): 201-212.
- [16] 赵峰华. 煤中有害微量元素分布赋存机制及燃煤产物淋滤实验研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 1997.
- Zhao Fenghua. Study on the mechanism of distributions and occurrences of hazardous minor and trace elements in coal and leaching experiments of coal combustion residues [D]. Beijing: China University of Mining & Technology(Beijing), 1997.
- [17] 中国地方性砷中毒病区将于 2010 年全部改水改灶[EB/OL]. <http://china.com.cn/chinese/health> 2004-11-30.
- [18] 程明亮, 吴 君. 贵州燃煤型砷中毒的防治对策[J]. 环境与健康展望 2008(12): 1-2.
- [19] MT/T 803—1999 煤中砷含量分级[S].
- [20] 姜 英, 傅 丛, 白向飞, 等. 中国煤中砷的分布特征[J]. 煤炭科学技术 2008, 36(2): 101-104.
- Jiang Ying, Fu Cong, Bai Xiangfei, et al. Distribution features of Arsenic content in China coal [J]. Coal Science and Technology, 2008, 36(2): 101-104.

2012 中国国际煤炭加工利用及煤化工展览会

为全面落实国家“十二五”规划制定的煤炭产业政策, 积极推动能源生产和利用方式的变革, 加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式, 加强国内外技术交流与合作, 全面展示煤炭洗选加工、清洁生产、转化利用领域的新技术、新装备、新产品, 促进煤炭加工利用产业的健康发展。经国家科技部批准, 在国家能源局、国家煤矿安全生产监察局的支持下, 由中国煤炭工业协会主办, 中国煤炭加工利用协会承办的“2012 中国国际煤炭加工利用及煤化工展览会(简称 CCPUE 2012)”将于 2012-06-06—08 在北京全国农业展览馆隆重召开。

2010 年 11 月, 首届 CCPUE 展会在北京国际展览中心隆重召开, 得到了国家科技部、国家能源局、国家煤矿安全监察局的大力支持。展会吸引了国内外煤炭企业、煤炭洗选设备制造企业、煤化工企业及相关科研院所 150 家单位参加了展出, 展示面积达 12 000 m², 近 2 万名专业人士到场参观, 展会无论在办展规模、展品范围、展商数量、嘉宾及观众组织阵容等方面都创造了同类展会之最, 一举奠定了 CCPUE 大会更权威、更实效、更具影响力的品牌形象, 并以自身独特优势从竞争激烈的同类展会中脱颖而出。

CCPUE 2012 依托首届展会的成功经验和业界良好的口碑, 为更好地满足国内外展商的参展需求, CCPUE 2012 将在多个方面再创新高。展示面积达到 30 000 m², 将会有来自国内外超过 300 家企业参展, 届时专业观众将突破 3 万人次。国际方面, 捷克商务部、美国、乌克兰、印度等部分世界选煤大会成员国积极参与并作为大会的支持单位, CCPUE 2012 与乌克兰选煤协会、印度选煤协会、美国 UTN 公司开展战略合作, 届时参加 CCPUE 2012 的国家展团将超过 10 个。同时 CCPUE 2012 着重加大宣传力度, 得到 80 多家专业媒体的强势关注与支持, 以欧洲化工新闻、美国化学工程杂志等海外媒体的积极参与, 充分展示了 CCPUE 大会的权威性、前沿性、国际性, 为 CCPUE 由国内一流盛会走向具备世界级影响力的煤炭加工利用领域品牌盛会打下坚实基础。

展会届时还将举办: 中国煤炭加工利用协会年会、中国煤炭工业协会选煤分会年会、第六届选煤现代化管理论坛、2012 煤炭工业节能减排与循环经济论坛、2012 中国新型煤化工发展国际论坛。作为展会形式的延伸和内容的补充, 年会及论坛的主题积极响应国家对于新型能源产业的战略规划, 与会各方紧密围绕产业发展的主旋律展开交流探讨, 以此凸显本届大会的实效性。