

文章编号:1673-9469(2012)03-0062-04

白额井田煤中镓的分布特征及其成因机制研究

李娟,关英斌,郭婵妤,郝东雷,张威
(河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038)

摘要:白额井田内镓的平均含量为 12.891 ppm ~ 14.256 ppm,其含量随煤层从上到下逐渐升高。通过分析各煤层中镓的含量,可以得出镓的分布特征,大致为东北部和西南部高、中部低。采用相关系数法对镓与显微组分和灰分进行相关性分析,可知镓的含量与煤中的显微组分没有相关性,与灰分成正相关关系,说明镓主要赋存于粘土矿物中。结合镓的分布特征以及井田的地质情况和煤质煤岩特征,分析得出镓的富集和分布主要受陆源碎屑、沉积环境和地下水作用的影响。

关键词:镓;分布特征;成因机制;白额井田

中图分类号:P618.74

文献标识码:A

Study on distribution characteristics and formation mechanism of Gallium in Baié minefield

LI Juan, GUANYing-bin, Guo chan-yu, Hao dong-lei, Zhang Wei
(College of Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The average content of Gallium in Baié minefield is from 12.891 ppm to 4.256 ppm, the content increases from top to bottom with the coal seam. Analysed the Gallium content, it is concluded that the distribution of Gallium, roughly the content of northeast and southwest area is high, and middle area is low. Using correlation coefficient method analyse the correlation between the content of Gallium with the maceral and ash, the content of Gallium has no relevance with coal macerals, and is positively correlated with ash. The results indicated that Gallium mainly exists in clay minerals. Combined with the distribution characteristics, the geology circumstance of the coal and the characteristics of coal quality and coal rock, the accumulation and distribution of Gallium are mainly controlled by the terrigenous clastic, sedimentary environment and groundwater.

Key words: Gallium; distribution characteristics; formation mechanism; Baié minefield

镓是银白色金属,是半导体和电子工业、原子能工业的重要原料,其性质与铝相似,在自然界中常与铝共生^[1]。镓的赋存状态很复杂,主要富集在粘土矿物和硫化物中,但也可以赋存在有机质中。镓主要以陆源碎屑中粘土矿物携带的方式进入泥炭沼泽中。在煤的加工利用过程中,镓会发生变化,进入到空气、土壤和水体中,进而造成污染^[2]。通过分析煤中镓的含量,得出镓的分布特征,并结合井田的地质情况和煤质煤岩特征,分析了镓的成因机制,为其合理利用提供依据。

1 地质概况

白额井田位于山西省西南部,吉县与乡宁县之间(图1),河东煤田之南端^[3]。区内地层发育较全,沉积稳定,地表出露有太古界、古生界寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、中生界三叠系、新生界新近系及第四系等。井田中地层的岩性主要为砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩。本溪组下部以灰及灰白色铝质泥岩为主,太原组上部含有少量铝质泥岩。井田内构造变形微弱,基本构造形态为走向

收稿日期:2012-5-10

作者简介:李娟(1987-),女,河北保定人,硕士,从事环境地质、水文地质方面的研究。

NE – NNE、倾向 NW 的单斜构造,地层倾角一般为 3°~8°。区内尚未发现断裂构造,仅在井田南部发育有 NE 向次级宽缓背、向斜构造。

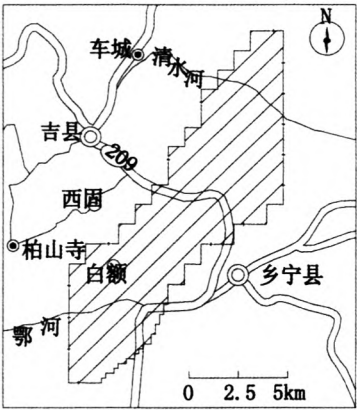


图1 白额井田交通位置图
Fig.1 Traffic position diagram of Bai' e minefield

本区含煤地层为华北型石炭二叠系,煤系地层总厚 80.73 ~ 160.16 m,平均 119.46 m,含煤 10 层,煤层总厚平均 9.95 m,含煤系数为 8.33%。主要可采煤层为 2[#]、3[#]和 10[#]煤层。2[#]、3[#]煤层位于山西组,10[#]煤层位于太原组。

2 样品采集与测试

根据《煤炭资源勘探煤样采取规程》(原煤炭工业部(87)煤地字第 656 号)^[4],采取了白额井田 2[#]、3[#]、10[#]煤层的煤样,各主要可采煤层中的样品数量见表 1。对煤样中镓进行电感耦合等离子质谱(ICP – MS)定量分析,分析结果见表 2。

表 2 各煤层煤样中镓含量测试成果
Tab.2 The test results of Gallium content in part of coal samples

煤样编号	2 [#] /ppm	煤样编号	3 [#] /ppm	煤样编号	10 [#] /ppm
-12-3-2	11	-12-3-3	13	-12-3-10	8
-8-1-2	9	-8-1-3	8	-8-1-10	7
-8-5-2	18	-8-5-3	12	-8-5-10	12
1-3-2	10	1-3-3	20	1-3-10	12
1-11-2	26	1-11-3	12	1-11-10	12
3-9-2	10	3-9-3-1	10	3-9-10-1	14
3-11-2	13	3-11-3	7	3-11-10	15
5-5-2-1	7	5-9-3-1	19	5-5-10	22
...	...	...	...	...	...
9-5-2-1	20	9-5-3-1	19	9-10-10-1	2
17-5-2-1	10	17-5-3-1	7	17-9-10-1	26
21-9-2-1	8	21-5-3-1	16	21-5-10-1	12
25-9-2	26	25-15-3	24	25-9-20	21
29-9-2-1	13	29-9-3-1	14	29-9-10-1	6
01-6-2	10	01-4-3-1	15	01-5-10	24
04-1-2	21	04-1-3	21	03-6-10	16
33-3-2	20	33-3-3	16	33-3-10	12

表 1 样品采集数量表
Tab.1 The volume of samples collection

煤层	2 [#]	3 [#]	10 [#]
样品数量(个)	110	108	109

3 煤质煤岩特征

井田内各煤层宏观煤岩类型以半亮型煤为主,个别点为半暗型煤。煤岩成分大部分以亮煤为主,含少量镜煤,少见暗煤及丝炭。显微煤岩组分包括有机显微组分和无机显微组分^[5]。煤的有机显微组分以镜质组和惰质组为主;无机显微组分即矿物质。煤中的矿物质主要有粘土矿物和硫化物,硫化物以黄铁矿为主。煤的煤类主要为贫煤,次为贫瘦煤,具有中灰、低硫 – 中高硫、特低磷、中高热值、热稳定性强等特点。

2[#]煤层的原煤干燥基灰分含量为 8.74% ~ 36.93%,平均值为 18.76%,属中灰煤。总体上呈北高南低,25 – 15 孔最高为 36.93%,3 – 6 孔最低为 8.74%。3[#]煤层的原煤干燥基灰分含量为 6.82% ~ 38.94%,平均值为 20.65%,属中灰煤。以 13 勘探线为界,分为南北两区,南区变化较复杂,以 01 – 6 孔为最高(37.34%),向外呈现辐射状减小,至中深部达到最小值。北区东、西部偏高,中部偏低,平面上呈条带状分布。10[#]煤层的原煤干燥基灰分含量为 8.62% ~ 37.01%,平均值为 16.64%,较 2[#]、3[#]煤层略低,属中灰煤。平面上呈西高东低分布,自西向东部呈波状递减。

4 相关性分析

本次研究采用相关系数法研究各煤层镓含量与有机显微组分和灰分之间的相关性^[6]。

相关系数 $r = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}}$ (1)

式中 $i = 1, 2, \dots, n$; $\bar{X}$ - X 元素的平均值; $\bar{Y}$ - Y 元素的平均值; X_i - 第 i 个 X 元素的含量; Y_i - 第 i 个 Y 元素的含量; N - X 元素或 Y 元素的含量值的个数。

相关系数取值范围为(-1,1),分四个级别。根据其取值范围判断各微量元素之间的相关性(表3)。

根据公式(1)计算得到白额井田内各煤层镓与有机显微组分和灰分的相关系数如下(表4)。

表3 相关系数分级表

Tab.3 Correlation coefficients grading scale

取值范围	相关性
$ r \geq 0.8$	高度相关
$0.5 \leq r < 0.8$	中度相关
$0.3 \leq r < 0.5$	低度相关
$ r < 0.3$	不相关

表4 各煤层镓与有机显微组分和灰分的相关系数

Tab.4 The correlation coefficient of Gallium and macerals

显微组分	煤 层		
	2#	3#	10#
镜质组	-0.010	0.061	-0.177
惰质组	0.101	-0.299	-0.007
灰 分	0.392	0.436	0.429

由表4可知,镓的含量与镜质组和惰质组没有相关性,与灰分成正相关关系,即灰分含量增高,镓的含量也随之增高。

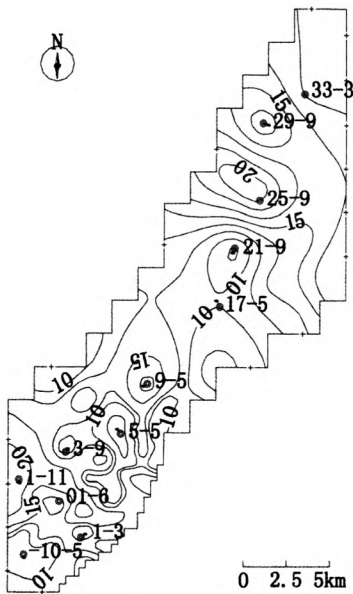
5 镓的分布特征

镓在各煤层中的平均含量见表5。从表5中可以看出,煤层从上到下镓的含量逐渐增高。中国石炭二叠系煤中镓的质量分数为9.88 ppm,显然白额井田煤中镓相对富集,但最大值都未达到镓的最低工业品位(30 ppm)。应用 Surfer8.0 软件绘制出井田中镓含量的等值线图(图2~4)。

表5 各主要可采煤层镓元素平均值

Tab.5 The average value of Gallium in the main coal seam

微量元素/ppm	煤 层		
	2#	3#	10#
Ga	12.891	13.667	14.256



东北、西南高,中部低。东北部有一个高值点,位于钻孔 25-15 附近,最高值为 24 ppm,周围等值线相对与其他高值点较稀疏,含量变化相对较慢;西南部等值线较复杂,有多个高值点,且每个高值点的最高值都不同,西南部的等值线相对于其他区域较密集,含量变化较明显。

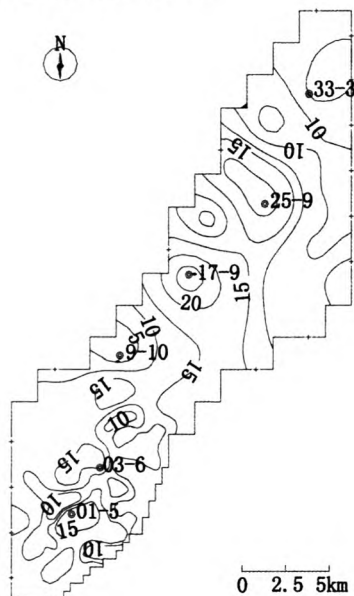


图4 10#煤中镓含量等值线图

Fig. 4 Isogram of No. 10 coal seam content of Gallium

从图4可以看出10#煤中镓含量的整体分布趋势为西北侧密集,东南侧稀疏,即镓含量在井田的西北侧变化较明显,东南侧变化较舒缓。东北部、中部偏东和西南部都有高值点,中部偏西有一个低值点,中部有一个高值点,最高点位于钻孔 17-9 附近,最高值为 26 ppm,在这个高值点的西南侧有一个低值点,最低值位于钻孔 9-10 附近,最低值为 2 ppm;在井田东北部有一个高值点,位于钻孔 25-9 附近,最高值为 21 ppm;西南部有五个较高的高值点。

6 镓的成因机制

任德贻等^[7]初步提出了煤中微量元素富集的5种成因类型,即陆源富集型、沉积作用富集型、岩浆热液作用富集型、深大断裂-热液作用富集型和地下水作用富集型。研究区煤层中镓含量受到的影响因素主要有三个:

1) 陆源区母岩:本区属于华北石炭-二叠纪聚煤区,陆源区主要是北缘的内蒙古地轴和燕山台褶带^[8]。这两个地区的岩性主要是含砾砂岩和石英砂岩,在沉积过程中又在井田内沉积了泥岩。

煤中镓的含量与灰分成正相关关系,灰分的主要成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 ,二者在灰分中的比例为 60%~90%,说明井田内的矿物质以粘土矿物为主,煤中镓的含量与矿物质存在相关关系,受陆源碎屑的影响。

2) 沉积环境:太原组沉积相主要是潮坪、浅海和三角洲,且潮坪、浅海占有一定优势,山西组沉积相以三角洲为主,显然太原组煤层聚积时受海水影响明显比山西组大。10#煤层发育于潮坪环境,属还原环境,2#、3#煤层发育于浅三角洲平原环境,属弱还原环境。由测试结果可知,10#煤中镓的含量要比2#、3#煤中镓的含量要高,这是因为海相的还原环境更有利于地球中微量元素的富集,这与前人的研究成果是一致的^[9]。

3) 地下水作用:煤中富集微量元素与地下水化学性质以及水位与煤层的相对关系有关,也和煤层围岩和上覆、下伏地层性质有关。井田内与煤层关系密切的含水层有两个。

(1) 太原组灰岩岩溶裂隙含水层:太原组普遍含灰岩 1~3 层,第 2 层为 10#煤层顶板。本组灰岩厚度不大,岩溶裂隙不发育,富水性弱,水质类型以 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型为主,矿化度 1 108 mg/L~5 152 mg/L,是开采 10#煤的顶板直接充水含水层。

(2) 二叠系山西组及下石盒子组底部砂岩裂隙含水层:本组含水层由厚度和岩性均不稳定的粗、中、细粒砂岩组成。为富水性极弱的裂隙承压含水层,是开采 2#煤层的直接充水含水层。地下水水质类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na}$ 型,矿化度 486 mg/L~1 196 mg/L。地下水的总体流向为南南西。这两个含水层富水性不大,但与煤层距离很近,对煤层的顶板有一定的溶蚀作用,从而使微量元素向南南西方向迁移,加剧了井田南部微量元素的聚积。

通过分析白额井田煤中镓的富集因素,得出其成因类型为陆源富集型。

7 结论

1) 白额井田煤中镓的平均含量在 12.891 ppm~14.256 ppm 之间,含量较高,相对富集,整体分布趋势为东北西南高、中部低,10#煤中的镓元素含量多于 2#和 3#煤层。但最大值尚未达到镓的最低工业品位(30 ppm)。

2) 井田地层中的岩性受陆源 (下转第 78 页)

用PD算法的一个不足之处。实验表明,该控制器可快速灵敏的对车速进行精确控制,表现出非常好的控速效果^[4]。

3 结论

通过对影响智能车速度的相关因素的分析,实现了基于视频的自动巡航智能小车的快速稳定行驶。实验和实践证明,该智能小车自动巡航效果好,实现了不同场地光照条件下的自动巡航,抗现场光线干扰能力强,具备良好的速度和灵活特性,在2010届全国大学生智能车竞赛上取得了东北赛区一等奖的好成绩,证明了相关技术的合理性和有效性。

参考文献:

- [1] 付梦印,邓志红,刘彤.智能车辆导航技术[M].北京:科学出版社,2009.
- [2] 沈志熙,黄席樾,杨镇宇,等.基于Boosting的智能车辆多类障碍物识别[J].计算机工程,2009,35

(14): 241-242.

- [3] 张淑谦,王国权.智能车黑线识别算法及控制策略研究[J].电子技术,2009(3): 89-91.
- [4] 韩毅,杨天.基于HCS12单片机的智能寻迹模型车的设计与实现[J].计算机工程与设计,2008,29(18): 4736-4739.
- [5] 韩庆瑶,洪草根,朱晓光,等.基于AVR单片机的多舵机控制系统设计及仿真[J].计算机测量与控制,2011,19(2): 332-334,339.
- [6] 吴斌华,黄卫华,程磊,等.基于路径识别的智能车系统设计[J].电子技术应用,2007(3): 80-83.
- [7] 胡莲君,宋弘.移动智能机器人避障规划研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2008,21(4): 87-90.
- [8] 台秀华.一致性方法的多仿生机器鱼编队对齐行为[J].黑龙江科技学院学报,2012,22(1): 79-84.
- [9] 潘峥嵘,杜宝强,王树东,等.基于CPLD的彩色视觉移动机器人路径跟踪系统[J].计算机工程与设计,2007,28(5): 1102-1103.

(责任编辑 马立)

(上接第65页)区的控制,主要为泥岩和砂岩,还含有粘土矿物。镓的含量与灰分成正相关关系;不同含煤地层的沉积环境也影响了镓的富集和分布;井田中的地下水的溶蚀作用,促进了镓的运移。镓的分布主要受陆源区母岩和沉积环境的影响,地下水作用加剧了镓含量在井田西南部的富集。

参考文献:

- [1] 唐修义,黄文辉.中国煤中微量元素[M].北京:商务印书馆,2004.
- [2] 赵晶,关腾,李娇龙,等.平朔矿区9#煤中镉、铬和铊的含量分布及赋存特征[J].河北工程大学学报:自然科学版,2011,28(4): 56-59.
- [3] 刘占勇.白额勘探区含煤岩系沉积环境及其对煤层气富集的影响[J].河北工程大学:自然科学版,2012,

29(2): 53-56.

- [4] 煤地字第656号,煤炭资源勘探煤样采取规程[S].
- [5] 陈家良,邵振杰,秦勇.能源地质学[M].北京:中国矿业大学出版社,2004.
- [6] 高颖,郭英海.河东煤田北部煤中镓的分布特征及赋存机理分析[J].能源技术与管理,2012(1): 111-113.
- [7] 任德贻,赵峰华,代世峰,等.煤的微量元素地球化学[M].北京:科学出版社,2006.
- [8] 刘占勇,芮乐道,王春云.山西白额勘探区煤质特征分析[J].中国煤炭地质,2008,20(11): 18-20.
- [9] 郑柏平,水文地质条件对白额勘探区煤层气富集的影响[J].河北工程大学:自然科学版,2012,29(1): 70-73.

(责任编辑 徐博会)