

文章编号:1001-1986(2001) 02-0013-03

# 韩城石炭—二叠系原煤的自身固硫率和硫的烧失率

雒昆利<sup>1,2</sup>,王五一<sup>1</sup>,姚改焕<sup>2</sup>,米娟层<sup>3</sup>,史江峰<sup>2</sup>,张红民<sup>3</sup>  
( 1. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101;  
2. 西安科技学院地质系,陕西 西安 710054;  
3. 陕西质量检查中心煤炭测试中心,陕西 西安 710054)

**摘要:**对陕西韩城矿区的石炭—二叠系 4 个主采煤层的原煤自身固硫率和硫的烧失率进行了研究,其中 11 号煤 96%的硫,5 号煤 98%,3 号煤 92%和 2 号煤 94%的硫在 800~850℃温度下灼烧 2h 已分解释放。其燃渣中的硫主要以硫酸盐的形式存在。煤自身的固硫率和灰分含量密切相关,特别是与煤灰分中的氧化钙关系最为密切。原煤中硫的烧失率与煤中全硫、有机硫和无机硫的含量关系密切。

**关 键 词:**原煤;硫;固硫量;烧失率  
**中图分类号:**TD98      **文献标识码:**A

## 1 引言

随着人类对生态环境的日益重视,煤中硫的脱除和固结研究愈来愈得到人们的重视。但无论在煤燃烧后烟气脱硫的研究,还是在煤燃烧中固硫和型煤技术的研究,都需要精确研究各种技术或固硫剂

的除硫效果和固硫率,同时也要测算燃煤产生的 SO<sub>2</sub>、CO 等的排放率,而这些工作的前提是要精确的计算原煤自身的固硫量和固硫率。

煤中大多都含有灰分和各种矿物质,有的在煤燃烧分解时本身有固硫作用,因此要精确计算煤在加入各种固硫剂的固硫率,先要减去煤自身的固硫

收稿日期:1999-09-07

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(G1999022212-02)子项目;煤炭部跨世纪学术带头人基金项目(2300213)。

作者简介:雒昆利(1959—),女,陕西西安人,中国科学院地理科学与资源研究所创新基地研究员,博士生导师,西安科技学院地质系教授;主要从事环境地质,地层古生物研究。

## 5 其他应用

a. 煤层的不同煤体结构常以分层的形式出现在煤层的不同层位。在煤层气开发时首先要选择有利的层位进行,这就要确定一定范围煤层中有几种煤体结构,深度区间是多少。在目前其他方法不能解决这个问题的情况下,煤心鉴定就显出其独有的优越性,能解决不同煤体结构分布的深度区间,为射孔压裂提供依据。

b. 煤与瓦斯突出都与煤体结构有密切的关系,突出多发生在碎粒煤和糜棱煤区段。利用钻孔煤心确定不同煤体结构的分布区域,能够预测煤与瓦斯突出的可能性,并提前作好防突准备。

总之,利用煤心形状鉴别煤体结构是简单易行的一种方法。利用煤体结构与渗透性间的相关性,能为煤层气选区评价、射孔压裂层段和煤与瓦斯突出区段的划分提供可靠的科学依据。

### Identification of coal block tcture with core and application

LEI Chong-li (Xi'an Branch, CCRI, xian 710054, China)

**Abstract:**Based on observation of coal cores it is concluded that the coal core consists of different forms in shape, controlled by coal block texture. Identification of coal core forms may determine coal block texture. The permeability of coal seam may be speculated using coal block texture. It would provide reliable scientific fundamental data for determining perforated interval, potential gas outburst belt.

**Key words:**coal block texture; coal core forms; permeability

表 1 韩城石炭—二叠系煤中硫的烧失率

煤号	全硫/%	煤样/g	固硫量/g	烧失率/%	固硫率/%
11 号精	2.18	1.0011	0.0878	96	4
11 号精	2.18	1.0003	0.0906	96	4
11 号精	2.18	1.0000	0.0886	96	4
5 号原	2.16	1.0002	0.0398	98.2	1.8
5 号原	2.16	0.9999	0.0481	97.8	2.2
3 号原	0.62	1.0001	0.0609	91	9
3 号原	0.62	1.0006	0.0518	93	7
2 号原	0.47	1.0005	0.0282	94	6

率。研究煤中硫在不添加任何添加剂时的固硫率及煤中硫的烧失量,可为精确计算各种固硫脱硫技术或固硫剂的除硫效果、以及固硫率等提供理论依据。同时也为计算煤燃烧时的排硫量 and 环境保护工作,提供理论依据。

笔者在前人工作的基础上,对陕西韩城石炭—二叠系主要层位的煤,和煤矸石中有害成分的含量和分布规律,以及煤中硫的烧失量进行了研究,并对煤中硫的烧失量与各种硫的含量和灰成分、煤自身的固硫量与各种硫的含量与灰成分的相关关系等进行了研究,现将研究结果介绍如下。

2 样品和分析方法

2.1 样品

样品采自韩城燎原煤矿的 2 号和 3 号煤,象山煤矿 5 号煤,桑树坪矿和马沟渠矿的 11 号煤。煤样来自各采煤工作面,均为刻槽样。

2.2 测定原理和实验方法

根据煤中全硫的测定原理,采用国标(GB214-83)重量法,测定煤在不加入任何添加剂时,硫的释放率和煤自身的固硫率,然后与实验用原煤的全硫含量作比较,计算煤在不加入任何添加剂时硫的释放率和煤自身的固硫率。

测定煤中全硫含量。称取工业分析煤样 1 g(准至 0.0002 g),放入 30 ml 的瓷坩埚中,不加任何添加剂,将装好试样的坩埚放入冷马弗炉内,在 1.5~2 h 内将马弗炉逐渐升温至 850℃,在该温度下灼烧 2 h。一般认为,在此条件下,煤已完全燃烧。煤样燃渣中硫主要以硫酸盐的形式存在,是煤中原有灰分中的矿物和岩石固住的硫或原有硫酸盐硫未分解,它们均易溶于盐酸溶液,用其浸取液来测定煤渣中的硫酸盐硫。

2.3 计算

测定结果按下式计算:  
煤中全硫含量和煤自然固硫量的计算公式:  
 $S=(G_1-G_2)\times 13.74/G$ ,  
式中 S——分析煤样燃烧后灰渣中硫的含量或固

硫量,%;  
 $G_1$ ——硫酸钡重量,g;  
 $G_2$ ——空白试验硫酸钡重量,g;  
13.74——由硫酸钡换算为硫的系数;  
 $G$ ——煤样重量,g。  
固硫率=(固硫量/煤中含硫量)×100%;  
烧失率=1-固硫率。

3 原煤燃烧中的固硫率和硫的烧失率

表 1 是韩城石炭—二叠系几个主采煤层的煤层大样在不加任何添加剂的情况下,以 800~850℃温度灼烧 2 h 时煤的自身固硫量和烧失率。其中 11 号煤的自身固硫量最高,3 号煤的自身固硫量次之,5 号煤和 2 号煤的自身固硫量最小。

李宁<sup>[3]</sup>等在研究粘土矿物对硫酸钙高温固硫反应时,研究了煤中硫的析出规律,乙精煤(含硫:2.92%;硫酸盐硫:0.06%;黄铁矿硫:1.22%;有机硫:1.64%)在温度小于 1 100℃区域内、二氧化硫的析出量随温度的升高缓慢增大;在 1 100~1 150℃区间内二氧化硫的析出又趋于缓慢;在 800℃时有有机硫,单质硫已全部分解,而且有部分黄铁矿分解,剩下的闪锌矿(ZnS),方铅矿(PbS),砷黄铁矿(FeAsS),黄铜矿(CuFeS<sub>2</sub>)等在此后才逐渐分解。可以说,在 1 100℃~1 150℃区间内煤中硫几乎已全部析出。

本次实验分析的是煤在 800~850℃燃烧后燃渣中的硫含量。经对备份样的煤渣中硫的赋存方式分析,发现煤渣中的硫均以硫酸盐的形式存在,说明韩城石炭—二叠系煤在 800~850℃的温度下燃烧 2 h,煤中大部分的黄铁矿硫、有机硫已分解。其中 2、5、11 号煤的自身固硫量高于自身硫酸盐硫的含量,3 号煤的固硫量稍低于其硫酸盐硫的含量。(表 2)

4 煤中硫烧失率和各种硫含量与灰成分的关系

原煤中硫的烧失量与煤中全硫、有机硫和无机硫的含量关系密切(表 2)。与硫酸盐硫的关系小(相关系数-0.69)。煤中硫含量愈高(有机硫和无机硫),烧失量愈大。煤中硫的烧失量与煤中灰分的含量关系较小,与灰分中的三氧化二铁和氧化钙的相对含量关系密切。

5 煤自身固硫量和各种硫含量与灰成分的关系

实验用煤的灰分含量属中灰煤,其中表 2、3 中为二氧化硅、三氧化二铁、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁在灰分中的相对百分含量。二氧化硅和三氧化二

表 2 煤中硫固硫率、烧失率与各种硫的含量												w <sub>B</sub> /%	
	硫的 烧失率	固硫率	全硫	无机硫	有机硫	盐酸 盐硫	固硫量 /g	二氧化硅	三氧化二铁	三氧化二铝	氧化钙	氧化镁	灰分
煤 2 号	94	6	0.47	0.21	0.25	0.01	0.028	52.2	3.5	39.7	1.4	0.9	16.1
煤 3	91	9	0.62	0.28	0.32	0.709	0.062	49	4.7	37.6	3.8	0.92	20
煤 5	98	2	2.16	1.43	0.49	0.018	0.044	42	9.4	33.5	6.9	1.1	17
煤 11 号	96	4	2.18	1.06	1.11	0.01	0.088	42	7.1	37	6.5	0.5	23
相关系数			0.84	0.89	0.454	−0.69	−0.002	−0.737	0.817	−0.67	0.66	0.033	−0.11

注:各灰成分的质量份数为各灰成分与总灰分的比。

表 3 煤自身固硫量和各种硫含量与灰成分相对含量的相关分析												$w_B/\%$
	自身固硫率	全硫	无机硫	有机硫	盐酸盐硫	固硫量/g	二氧化硅	三氧化二铁	三氧化二铝	氧化钙	氧化镁	灰分
煤 2 号	6	0.47	0.21	0.25	0.01	0.028	52.2	3.5	39.7	1.4	0.9	16.1
煤 3	9	0.62	0.28	0.32	0.709	0.062	49	4.7	37.6	3.8	0.92	20
煤 5	2	2.16	1.43	0.49	0.018	0.044	42	9.4	33.5	6.9	1.1	17
煤 11 号	4	2.18	1.06	1.11	0.01	0.088	42	7.1	37	6.5	0.5	23
相关系数	-0.03	0.5083	0.3003	0.8498	-0.2507		-0.589	0.276	-0.14	0.59	0.234	0.99

铝占灰成分的 79%~92%;氧化钙、氧化镁占灰成分的 2.3%~8%,在煤中的含量为 0.46%~1.36%。煤自身固硫量和灰分含量密切相关,相关系数为 0.99。与煤灰成分中的氧化钙关系最为密切,其次为三氧化二铁和氧化镁的含量。固硫量与煤中有机硫的关系也很密切,(表 3)与煤中全硫含量的相关性次之。

## 6 结论

陕西韩城矿区石炭一二叠系 4 个主采煤层中的硫,在 800~850℃烧烧 2 h 时,11 号煤 96%的硫,5 号煤 98%的硫,3 号煤 92%和 2 号煤 94%的硫已分解释放。燃渣中的硫主要以硫酸盐形式存在,说明韩城石炭一二叠系煤在 800~850℃燃烧 2 h 时,煤中大部分黄铁矿硫、有机硫已分解。煤自身固硫量和灰分含量密切相关,特别是与煤灰分中的氧化钙关系最为密切。原煤中硫的烧失量与煤中全硫、有机硫和

无机硫的含量关系密切。

我们在选择固硫剂时,不但要考虑高温时的固硫性能,还要考虑其在较低温度时的固硫性能。虽然一般链条炉炉膛温度在 1 150℃以上,但我国农村和乡镇企业的分散用户的土炉和小型锅炉燃烧温度较低,其硫的释放率也很高,若不进行固硫,任其燃烧原煤,也将严重污染大气。因此我们在固硫剂原材料的选择中,要特别关注我国农村和乡镇企业分散用户和小型锅炉燃煤的固硫和脱硫技术与材料的研制。

## 参考文献

- [1] 徐正中. 燃煤硫排放系数的研究及脱硫要求的确定[J]. 热力发电,1994,3:3~9.
- [2] 徐通模,惠世恩,刘仲年等. 燃煤中自身 CaO 含量的脱硫效果研究[J]. 动力工程,1994,14(4):33~38.
- [3] 李宁,刘维,卢俊波,钱剑青. 粘土矿对硫酸钙高温固硫的反应[J]. 环境保护,1998,4:43~45.

## Sulfur fixing and loss on ignition rate of permo-carboniferous raw coal

LUO Kun-li<sup>1,2</sup>, WANG Wu-yi<sup>1</sup>, YAO Gai-huan<sup>2</sup>, MI Juan-ceng<sup>3</sup>, SHI Jiang-feng<sup>2</sup>, ZHANG Hong-min<sup>3</sup>  
( 1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resource, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China 2. Xi'an Mining Institute Xi'an 710054, China  
3. Coal Testing Center, Shaanxi Quality Testing Center, Xi'an 710054, China)

**Abstract:**The rates of sulfur fixing and loss on ignition of 4 main mining coal seams aged in Permo-Carboniferous in Hancheng mining area, Shaanxi are analyzed. The sulfur of 96% in Seam No. 11, 98% in Seam No. 5, 92% in Seam No. 3, 94% in Seam No. 2 is decomposed and lost in ignition process under 800~850℃ for 2h. The remained sulfur in cinder occurred generally in sulfur form. The fixing rate is closely related to ash content, especially the CaO in coal ash. The loss on ignition of sulfur in raw coal is related to contents of total sulfur, organic and inorganic sulfur.

**Key words:**raw coal; sulfur; sulfur fixing rate; loss on ignition