

# 河南石炭二叠系煤层煤质特征与综合利用研究分析

李元建,范云霞,刘素青,杨敏

(河南省煤炭地质勘察研究院,河南 郑州 450052)

**摘要:**由于沉积环境的差异使太原组、山西组、石盒子组煤的显微煤岩特征、化学性质、煤的工艺性能不同,加强对煤质特征的评价,大力发展洁净煤技术,不仅对煤炭资源开发利用有重要作用,而且对提高能源利用效率,减少污染物排放,推动结构优化、经济转型和模式创新具有深远的意义。

**关键词:**煤质特征;洁净煤技术;可持续发展

中图分类号:TQ531

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)06-0054-04

河南省主要可采煤层为石炭系太原组、二叠系山西组、石盒子组。其煤的聚煤环境可大致归纳为以下几种类型:太原组属陆表海碳酸盐台地-碎屑堡岛沉积体系,聚煤前属台地、泻湖、潮坪、障壁岛后聚煤环境,聚煤沼泽为泥炭坪;山西组属堡岛-三角洲沉积体系,聚煤前属泻湖、潮坪、潮控三角洲、上三角洲平原聚煤环境,聚煤沼泽环境为泥炭坪、泥炭沼泽,石盒子组属三角洲沉积体系,聚煤前属坝后、上三角洲平原、下三角洲平原、三角洲前缘-海湾聚煤环境,聚煤沼泽为泥炭沼泽。不同的聚煤期其煤层具有不同的工艺性能和化学性质,不同地区亦有一定差异。

根据河南省煤炭资源的工艺性能、煤质特征从以下几个方面对煤的综合利用进行分析。

## 1 宏观煤岩类型

由于煤化作用是一个不可逆的渐变过程,故不同时代不同煤层或同一时代同一煤层煤的物理性质不同,其宏观煤岩类型呈规律性变化:太原组、山西组煤岩类型以半亮型为主,其次为半暗型和光亮

型;石盒子组煤岩类型则以暗淡型和半暗型为主,其次为半亮型。

## 2 显微煤岩特征

太原组、山西组、石盒子组煤中有机组分以镜质组为主,其次为惰质组,不含壳质组。仅低变质程度平顶山煤田煤中壳质组质量分数在16%左右。下部太原组煤层的镜质组含量一般高于上部山西组、石盒子组煤层,而惰质组含量低于上部山西组、石盒子组煤层。太原组、山西组、石盒子组显微煤岩特征见表1。显微煤岩类型:石盒子组煤是以微三合煤为主,次为微镜惰煤,山西组和太原组煤主要为微镜惰煤和微镜煤,平顶山煤田主要为微镜惰煤、微三合煤。

太原组、山西组、石盒子组煤中无机组分主要为粘土矿物。石盒子组的粘土矿物含量高于山西组、山西组高于太原组。石盒子组、山西组煤中黄铁矿质量分数在0.3%~1.0%,豫西陕涇、宜洛煤田山西组黄铁矿质量分数可达1.5%~3.5%。在太原组各煤中黄铁矿质量分数较高达1.5%~5.5%。

收稿日期:2010-09-02

作者简介:李元建(1953—),男,河南郑州人,高级工程师,现任河南省煤炭地质勘察研究院地质研究所煤质煤层气室主任。E-mail:liyuanjian\_sky@126.com

表1 显微煤岩特征

地层	有机组分/%			无机组分/%		
	镜质组	惰质组	壳质组	粘土类	硫化物类	碳酸盐类
太原组	85.0~90.0	10.0~15.0	—	4.0~8.0	1.5~5.5	0.5~3.0
山西组	70.0~85.0	10.0~25.0	—	6.0~12.0	0.3~1.0	0.3~0.9
石盒子组	60.0~75.0	10.0~30.0	10.0~16.0	9.0~14.0	0.9~1.0	1.0~3.0

### 3 煤质特征

#### 3.1 化学性质

##### 3.1.1 水分( $M_{ad}$ )

煤的水分对其加工利用和储存运输都有很大影响。太原组、山西组、石盒子组煤的水分一般在0.50%~2.50%之间,其变化趋势是自气煤开始,随着煤化程度的增高而下降,到焦煤、瘦煤达到最低值,之后又趋于上升,这可能由于随煤化程度增高煤的孔隙度由大变小又增大。

##### 3.1.2 灰分( $A_d$ )

煤的灰分不是煤的一种固有性质,因为煤中并不含“灰”,灰分是煤在规定条件下燃烧后的固态残渣物。灰分在数量和性质上与煤中矿物质不能等同<sup>[1]</sup>。

太原组、山西组、石盒子组煤的原煤灰分呈下低上高的变化趋势,即太原组煤的灰分为11.92%~17.64%;山西组煤的灰分为13.78%~19.62%;石盒子组煤的灰分为18.55%~31.37%,太原组多属陆表海碳酸盐台地沉积环境,山西组多属堡岛沉积环境,石盒子组属三角洲沉积环境,由于沉积环境的差异,石盒子组煤的灰分比太原组、山西组明显增高。

##### 3.1.3 挥发分( $V_{daf}$ )

挥发分是煤中有机质受热解析出的部分气态和蒸汽产物,它是煤分类中的一个参数。太原组、山西组、石盒子组煤的挥发分值为6.38%~38.70%,平顶山、台前等地气煤挥发分最高,其次为1/3焦煤,豫西中部的无烟煤最低为5.38%~8.86%,各煤层挥发分自上而下呈逐渐降低趋势。

##### 3.1.4 硫分( $S_{td}$ )

硫分是煤炭利用过程中的一种潜在污染源,硫在煤中有3种赋存形态:有机硫、无机硫中的硫化物硫、无机硫中的硫酸盐硫<sup>[2]</sup>。在燃烧前,依据煤中硫形态的不同,决定是否要进行洗选。太原组煤中

的硫质量分数为2.40%~5.02%;山西组煤中的硫质量分数为0.30%~0.45%;局部硫质量分数为0.60%~0.98%;在豫西的陕澗、宜洛煤田山西组煤中的硫质量分数达2.50%以上;汝州、新安煤田山西组煤中的硫质量分数为1.80%~2.30%,石盒子组多数煤层煤中的硫质量分数为0.50%以下,仅七煤组局部达2.77%。在中、高硫煤中以硫铁矿硫和有机硫含量较高,低硫煤中则以有机硫为主;各煤层中硫酸盐硫的含量均较低。

#### 3.2 工艺性质

##### 3.2.1 发热量( $Q_{gr,v,d}$ )

发热量是评价煤炭燃烧特性的主要参数之一,但发热量并不能直接与煤的燃烧特性及反应性相关联<sup>[3]</sup>。山西组和太原组煤因灰分低而发热量较高,发热量在28~30 MJ/kg;石盒子组煤发热量在20.41~26.74 MJ/kg。

##### 3.2.2 元素组成

石盒子组、山西组和太原组煤的元素组成中,碳为主体元素,占90%左右,其次为氢、氮;碳、氢的含量随煤化程度的增高呈规律性变化,碳增高而氢降低。煤类相同的不同煤层元素组成也有差异,如太原组与山西组煤相比,氢含量前者往往比后者稍高。

##### 3.2.3 灰成分与灰熔融性

煤的灰成分是指煤中的矿物质经过高温氧化和分解后生成的各种金属和非金属的氧化物与盐类。石盒子组、山西组和太原组煤的灰成分以二氧化硅和三氧化二铝为主,一般为65%~80%。二氧化硅变化趋势为自下而上增高。三氧化二铝则与其相反。三氧化二铁的变化亦为上低下高,石盒子组、山西组和太原组煤的灰成分见表2。

石盒子组、山西组和太原组煤多为中等软化温度灰到较高软化温度灰煤;太原组煤在局部地区属较低软化温度灰煤。

表2 石炭二叠系煤层灰分

煤层	灰成分分析/%							ST/°C
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Tl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	
石盒子组煤层	54.97	28.93	4.93	1.15	4.39	0.81	2.31	1343~1400
山西组煤层	43.09	32.54	7.10	1.34	6.95	1.31	3.73	1340~1400
太原组煤层	36.76	31.25	17.51	0.94	6.40	0.73	4.96	1256~1368

### 3.2.4 可磨性与热稳定性

煤的可磨性标志着煤磨碎成粉的难易程度。在煤炭生产和利用方面如火力发电燃用煤粉的锅炉、调制水煤浆、高炉喷吹都需要了解煤的可磨性。可磨性标准分级:焦作的二1煤为难磨煤;永夏的三2煤为较难磨煤,其它均为极易磨煤。

煤的热稳定性是指煤在高温燃烧或气化过程中对热的稳定程度,也就是一定粒度的煤样受热后保持原来粒度的性能。煤的热稳定性是确定气化用煤工艺技术指标的重要依据之一。煤的热稳定性分级:禹州的二1煤,永夏的三2煤属低热稳定性;新密的二1煤属较低热稳定性,其它属较高到高热稳性。

### 3.2.5 煤类及其分布

石盒子组、山西组和太原组晚古生代的煤层具有煤类多,分带性明显的特点,主要煤类为无烟煤、贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、1/3焦煤、肥煤和气煤<sup>[4]</sup>。

以山西组二1煤为例,从平向上看,河南省中、西部的荥巩、偃龙、焦作、济源煤田其无烟煤带分布范围最大,此带向南的禹州、平顶山煤田、向西的新安、陕澗煤田、向北的安阳、鹤壁煤田依次出现贫煤、贫瘦煤、瘦煤和焦煤,1/3焦煤,肥煤主要分布于平顶山煤田,气煤分布于范县普查区。

从垂向上看,石盒子组、山西组和太原组各煤层有自下而上煤化程度相对降低的变化趋势。如太原组一1煤层一般比山西组二1煤的煤类相差一个类别,与石盒子煤层则可相差1~2个类别。

## 4 利用方向

### 4.1 洗选加工

发展煤炭洗选有利于煤炭产品由单结构、低质量向多品种、高质量转变,在郑州、洛阳、开封等旅

游城市,要求煤炭硫分低于0.5%,灰分小于10%,以减少烟尘、SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的排放,而河南省生产的原煤中可达到此质量要求的煤炭比例非常低,原煤入选比例为18%,全国原煤入选比例为45.9%,可见河南原煤入选比例有待提高。煤炭洗选可脱除煤中50%~75%的灰分,30%~40%的全硫(60%~80%无机硫)燃用洗选煤可使炼焦煤的灰分降低1%,炼铁的焦炭消耗量可降低2.6%,合成氨生产使用洗选的无烟煤可节煤20%,发电用煤灰分每降低1%,发热量增加837.36~1507.25 J/g,每度电的标准煤耗下降2~5 kg,工业锅炉和窑炉燃用洗选煤热效率可提高3%~8%。豫西的大部分焦煤虽属中等可选到难选煤,但选出的精煤硫分也相应降至中硫范围,供炼焦配煤。同时,尚可回收一定数量的黄铁矿,豫西煤其尚未入洗而直接作燃料煤是一种资源的浪费。另外,石盒子组煤可洗选出部分细粒精煤,可用于炼焦配煤、船舶用煤;在筛分洗选加工过程中的中煤、尾煤则可供电厂用煤。

### 4.2 动力配煤

动力配煤是基于各单料煤的发热量、挥发分、硫分、灰分等主要指标配制过程中相应存在着线性可加性<sup>[5]</sup>,通过优化配比,使各原料煤的成分和性质间实现取长补短,互为补充,充分发挥各种原料煤的优点,配煤的综合性能优于其中任一种原料煤,既符合燃烧要求又减少污染物排放。

偃龙、登封、新密、荥巩煤田山西组煤的挥发分9%~14%,灰分16%以下,全硫0.5%以下,上述地区煤层的煤质不能满足工业锅炉挥发分在20%以上,水泥回转窑挥发分大于25%的要求,若与陕澗、宜洛煤田山西组高挥发分,高硫煤进行配煤试验,即可解决这些矿区煤的硫分高而不能直接燃烧的

缺陷,又可成为理想的动力工业用煤原料,达到调剂和合理利用宝贵的煤炭资源,减少环境污染的目的。

#### 4.3 高炉喷吹用煤

高炉喷吹煤粉技术,即从高炉风口向炉内直接喷吹研磨细煤粉,以代替传统的焦炭作为还原剂和提供热量。永城煤田的二2煤、焦作煤田的二1煤粒度大于50 mm占15.52%~20.28%、粒度50~25 mm占9.55%~15.69%、粒度25~13 mm占14.83%~21.54%,可磨性为92~34。灰分、硫分等煤质指标可满足高炉喷吹用煤的要求。登封、新密、偃龙田山西段、荥巩田山东段的贫煤、无烟煤具有低灰、低硫、高灰熔融性和适宜的挥发分等优点,可供炼铁、炼钢喷吹用煤,以代替部分冶金焦炭用煤。

#### 4.4 水煤浆用煤

水煤浆广泛应用于黑色冶金、电厂、工业锅炉、及窑炉,市场前景及潜力十分看好。根据水煤浆技术特点选择制浆用煤时必须考虑成浆性的难易程度<sup>[4]</sup>,通过现有的煤质资料计算出下述煤田煤层成浆性( $D$ 值)的难易程度:山西组二1煤:禹州煤田 $D$ 值小于4,焦作煤田 $D$ 值为6.5,新密煤田 $D$ 值为3.0;鹤壁煤田 $D$ 值2.5,永城煤田石盒子组二2煤层 $D$ 值3.4,由此可以看出,禹州、新密、鹤壁煤田、永城煤田煤成浆性难度为易;焦作煤田煤成浆性难度为中等。上述煤均为良好的水煤浆用煤。

#### 4.5 炼焦配煤和铸造焦配煤

根据冶金焦用煤的技术要求:炼焦或铸造焦用煤具有较好的黏性和结焦性是炼出高强度焦炭的前提条件,其对煤质要求:浮煤灰分( $A_d$ )10.0%以下,最高不超过12.0%,全硫( $S_{td}$ )1.5%以下,全水分( $M_1$ )应在12%以下,磷质量分数0.05%以下<sup>[5]</sup>。河南省禹州煤田山西组的贫煤、贫瘦煤,石盒子组的焦煤,鹤壁煤田山西组的贫煤、贫瘦煤均为良好的炼焦配煤原料煤,同时上述矿区的煤也可以和宜洛、临汝、陕澗煤田山西组的高硫煤进行配焦煤试验。此外登封、新密、偃龙西段、荥巩东段的贫煤、无烟煤具有低灰、低硫、高灰熔融性和适宜的挥发分等优点,可供喷吹用煤,以代替部分冶金焦炭用煤。

#### 4.6 CFBC 燃煤技术

CFBC(循环流化床燃烧技术)作为新型、高效、低污染燃煤技术,能满足煤类供应多变,特别是在环保和劣质煤(煤矸石、洗中煤、煤泥)燃料利用方面<sup>[5]</sup>。以250 MWe CFBC 锅炉燃烧煤质技术数据为例:水分11%,灰分28.0%,全硫3.7%,低位发热量14.73 MJ/kg,脱硫率达97%。而永城、焦作、新密、平顶山煤田各洗煤厂的中煤、煤泥、煤矸石均可采用CFBC技术,商固、南召、陕澗、宜洛、临汝煤田高灰、高硫煤也可采用CFBC技术,做到燃料的充分利用,以达到煤炭资源可持续发展,提高利用效率,减少环境污染物排放的目的。

### 5 结 论

煤炭在河南省一次性能源结构中占85%,作为动力燃料直接燃烧的电厂锅炉、化工、建材用煤等占的比重近70%,其中烟尘和二氧化碳排放量的70%,二氧化硫的90%,氮氧化物的67%来自燃煤。其高排放、高耗能的产业结构已成为河南省有害气体的基本源头,以煤为主的形式在短时期内难以改变,加强对煤炭资源煤质特征的评价,加强煤的洗选加工、动力工业配煤、高炉喷吹用煤、水煤浆用煤等方面的研究,发展煤炭清洁利用,提高能源利用效率,减少污染物排放,推动结构优化、经济转型和模式创新将是一项艰巨的任务。它不仅对其煤炭资源综合利用、开发有重要作用,而且对今后大力发展洁净煤技术起到关键作用。

#### 参考文献:

- [1] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [2] 李英华. 煤质分析应用技术指南(第2版)[M]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [3] 杨金和. 煤炭化验手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,2006.
- [4] 袁三畏. 中国煤质论评[M]. 北京:煤炭工业出版社,1999.
- [5] 俞珠峰. 洁净煤技术发展及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

(下转第60页)

氧量为7.85%；褐煤含硫量随着停留时间的延长不断增大,由1.21%增到1.57%,增幅为29.75%。

### 3 结 论

汽爆粉碎煤初步研究结果显示,单次汽爆过程对内蒙褐煤粉碎效果较明显,有待进一步进行连续汽爆研究和不同煤种汽爆粉碎特性研究。

汽爆过程对煤中水分、硫分和氧分均有较明显的脱除作用,对于褐煤改质具有积极作用。停留1 h,随着汽爆温度的提高,褐煤水分降幅达63.6%,挥发分降低11.33%,氧质量分数降低48.06%,含碳量提

高了25.64%,褐煤质量得到很好改善。值得注意的是随着汽爆温度的升高和停留时间的增加,水中有机物含量增加,能源损失增大,必须考虑废水利用问题。

#### 参考文献:

- [1] Institute of Gas Technology. Improvements in or relating to Apparatus for and Method of Comminuting a Permeable Material[P]. United states patent:591921, 1945.
- [2] 陈洪章,刘丽英.蒸汽汽爆粉碎技术原理及应用[M].北京:化学工业出版社,2007.

## Research on steam explosion device for lignite upgrading

ZHOU Jian-ming<sup>1</sup>, GONG Zhi-jian<sup>2</sup>, LIU Wen-yu<sup>1</sup>, FANG Zhao-ying<sup>2</sup>

(1. Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;

2. College of Chemical and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

**Abstract:** A steam explosion grinding and upgrading study was carried on Neimeng lignite with the steam explosion method. The investigation was conducted on the process conditions, and the steam explosion effects, meanwhile, the influence of process conditions of the steam explosion on lignite upgrading were also studied. The results show that the steam explosion has great effects on lignite grinding and lignite upgrading. When the residence time is 1 h, with the increasing of the steam explosion temperature, the lignite moisture decrease by 63.6%, the volatile decrease by 11.3% and the oxygen content decrease by 48%, while the carbon content increase by 12.9%. The lignite quality is improved after upgrading.

**Key words:** lignite; steam explosion; lignite upgrading

(上接第57页)

## Analysis of coal quality characteristics of Carboniferous and Permian coal seam and development of CCT in Henan Province

LI Yuan-jian, FAN Yun-xia, LIU Su-qing, YANG Min

(Henan Province Research Institute of Coal Geological Prospecting, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** The features of microscopic coal petrography, chemical properties, technological properties of Taiyuan Fm, Shanxi Fm, Xiashihezi Fm coal are different because of depositional environmental difference. Strengthening coal quality characteristics evaluation and developing clean coal technology vigorously all very important to coal utilization and exploration, also hall the profound significance in improving energy using efficiency, reducing the pollutant discharge, impelling structure optimization and economical reforming and pattern innovation.

**Key words:** coal quality characteristics; clean coal technology(CCT); sustainable development