

神东洗选专栏

大柳塔选煤厂入选原煤硫分分布规律研究

王 伟

(神东煤炭集团公司, 陕西 榆林 719315)

摘 要:随着长期高强度的开发与开采深度的增加,神东矿区选煤厂入选原煤质量逐渐恶化,商品煤硫分逐渐升高。基于此选取神东矿区代表性原煤为研究对象,采用筛分、浮沉、扫描电镜综合分析了原煤全硫及形态硫的粒度分布、密度分布规律以及含硫矿物嵌布结构,提出了选煤厂进一步完善生产工艺的建议。结果表明:神东矿区入选原煤中矸石较脆,在采矿过程中更多向细颗粒富集,造成原煤中细颗粒灰分和硫分较高, $<0.5\text{ mm}$ 部分灰分较其他粒级升高了 5 个百分点以上,硫分含量也达到 0.7% 以上; $>13\text{ mm}$ 粒级的块原煤占比达到 52.13%,灰分低于其他粒级而硫分明显升高;整体而言,随着浮沉密度的增大,原煤全硫含量先缓慢增加,超过 1.6 g/cm^3 后,迅速增加;浮沉密度一致时,粗颗粒全硫整体高于细粒级,而 $>1.8\text{ g/cm}^3$ 时,粗颗粒硫分低于细粒级,说明随着原煤粒度降低,含硫矿物的解离程度逐渐增高,无机矿物向高密度物料集中;神东矿区原煤硫分主要为黄铁矿硫,占比超过 60%,其次是有机硫,且在低密度中硫分以有机硫为主,高密度级中硫分以黄铁矿硫为主,黄铁矿硫主要呈细脉状、粒状分布,嵌布粒度 0.1 mm 左右。在后续生产中,选煤厂应结合实际情况,进一步降低入选上限,实现原煤中含硫矿物的充分解离,同时积极研发针对微细入料脱硫的选择性脱除技术如磁选、微细分级脱泥技术,同时加强在线硫分含量的技术检测,保障商品煤质量。

关键词:筛分试验;浮沉试验;硫分分析;硫分赋存

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2020)06-0083-06

Study on sulfur distribution of raw coal in Daliuta Coal Preparation Plant

WANG Wei

(Shendong Coal Group, Yulin 719315, China)

Abstract: With the long-term high-intensity development and the increase of mining depth, the quality of raw coal of Shendong mining area deteriorates gradually, and the sulfur content of commercial coal also increases gradually. Based on the above, the representative raw coal of Shendong mining area was selected as the research object. The grain size distribution, density distribution rule and the embedded structure of sulfur-bearing minerals of the raw coal, including total sulfur and morphological sulfur were comprehensively analyzed by screening, floating and sinking, and scanning electron microscope. The suggestions for the coal preparation plant to further improve the production process were put forward. The main conclusions are as follows. The results show that the gangue in the selected raw coal of Shendong mining area is brittle, and more fine particles are enriched in the mining process, resulting in a higher ash and sulfur content of fine particles in the raw coal. The ash content of $<0.5\text{ mm}$ partial fraction is more than 5 percentage points higher than other grain levels, and the sulfur content also reaches more than 0.7%. Lump coal of $>13\text{ mm}$ grain size accounts for 52.13%, the ash content is lower than other grain size and the sulfur content increases significantly. On the whole, with the increase of floating and settling density, the total sulfur content of raw coal increases slowly at first, and then increases rapidly after exceeding 1.6 g/cm^3 . When the floating and settling density is consistent, the total sulfur content of coarse particles is higher than that of fine particles on the whole. While the sulfur content of coarse particles in the range of $>1.8\text{ g/cm}^3$ is lower than that of fine particles, indicating that with the decrease of raw coal particle size, the degree of dissociation of sulfur-bearing minerals gradually increases, and the inorganic minerals concentrate to high-density materials. The sulfur content of raw coal in Shendong mining area is mainly pyrite sulfur, accounting for more than 60%, followed by organic sulfur. In low

收稿日期:2020-09-07;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.20090701

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAB01B04)

作者简介:王 伟(1964—),男,黑龙江双鸭山人,硕士,主要从事煤质技术与管理。E-mail:wei.wang.ds@chnenergy.com.cn

引用格式:王伟.大柳塔选煤厂入选原煤硫分分布规律研究[J].洁净煤技术,2020,26(6):83-88.

WANG Wei. Study on sulfur distribution of raw coal in Daliuta Coal Preparation Plant[J]. Clean Coal Technology, 2020, 26(6): 83-88.



移动阅读

density, organic sulfur is the dominant sulfur content, while in high density, pyrite sulfur is the dominant sulfur content. Pyrite sulfur is mainly distributed in the form of veins and grains, and the disseminated particle size is about 0.1 mm. In the subsequent production, the coal preparation plant should further reduce the selected upper limit according to the actual situation and realize the sulfur in the raw coal mineral fully disintegrate. At the same time, it should be actively to develop the selective removal of fine material into the desulfurization techniques such as magnetic separation, fine classification desliming technology. Meanwhile, the online detection technology of sulfur content should be strengthened to guarantee the quality of coal.

Key words: screening test; floating and sinking test; sulfur analysis; sulfur occurrence

0 引言

SO₂被公认为当前3种主要大气污染物之一。2018年我国SO₂排放量为1 651.6万t,是目前急需解决的空气污染问题之一^[1-3]。神东煤炭基地是国家规划建设的14个大型煤炭基地之一^[4],其所属的神东矿区原煤产量占全国的6%左右,对保障国家能源安全起重要作用。随着开采规模的扩大,开采深度增加,原煤硫分不断增高,硫分逐渐成为影响神东矿区商品煤质量的不利因素^[5-6]。广泛深入研究煤中硫的赋存形式及分布规律,对开发新的脱硫方法及煤的合理加工利用有重要的现实意义,因此煤中硫及其分布特点的研究受到关注^[7-9]。陈鹏^[10]指出中国煤中硫含量变化甚大,从最低含硫量0.2%到最高8%以上均有,从地域分布看,硫含量有自北往南、自东向西增加的趋势。刘英杰等^[11]研究指出西北地区为我国低硫煤分布区域,通常全硫含量在0.50%以下,硫分主要来自成煤原始植物中的蛋白质,多以有机硫为主,硫铁矿硫次之,硫酸盐硫最低。王伟^[12]指出神东矿区商品煤以特低硫煤(全硫含量小于0.5%)为主,占比为88%。朱子祺等^[13]指出大柳塔原煤全硫含量按粒度分布不均匀,全硫中以黄铁矿硫为主,占比70%以上。随着近几年神东矿区开采规模的不断扩大,一些含硫高煤层,尤其是过煤层接续处存在较多高硫煤,这对分选加工及商品煤质量造成了一定压力,因此系统分析入选原煤硫分随粒度、密度及嵌布状况的变化规律对于制定适宜的分选参数和合理的分选工艺十分必要。基于此本文选取了神东矿区主力矿井之一的大柳塔选煤厂入选原煤进行煤质分析,了解硫分的组成情况、随粒度、密度的赋存情况及嵌布结构特征,将硫分分布与实际生产相结合,以期后续选煤厂工艺完善与调节提供基础支撑。

1 试验内容与方法

1.1 试验原料

原料取自大柳塔煤矿选煤厂原煤仓。大柳塔选

煤厂位于神府东胜矿区中部,是一座特大型群矿型选煤厂,生产能力为34.00 Mt/a。大柳塔煤矿是神东矿区的主力矿井,具有代表性,根据GB/T 214—2007《煤中全硫的测定》、GB/T 31391—2015《煤的元素分析的规定》,对入选原煤进行工业分析、元素分析,结果见表1。

表1 大柳塔选煤厂入选原煤工业分析和元素分析
Table 1 Proximate and ultimate analysis results of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

工业分析/%					元素分析/%					
M _t	M _{ad}	A _d	V _{daf}	FC _d	N _d	C _d	H _d	S _{t,d}	O _d	H/C
8.82	8.81	25.44	34.97	38.78	2.37	66.42	4.63	0.79	7.46	0.84

由表1可知,大柳塔矿原煤全硫含量为0.79%,属于长焰煤,中灰、低硫煤,原煤品质较好。原煤硫含量与商品煤要求接近,必须通过分选稳定产品质量。

1.2 试验内容

1) 原煤硫分粒度分布

将采取的原煤晾晒烘干后,混匀缩分成2份,一份备用,一份用于分析原煤的粒度组成。按照GB/T 477—2008《煤炭筛分试验方法》分别进行原煤的自然级大筛分、自然级小筛分及破碎级筛分试验。将各粒级样品分为3份:一份用于指标分析,一份备用,一份进行浮沉试验。全硫、形态硫指标按照GB/T 215—2003《煤中各种形态硫的测定方法》进行。

2) 原煤硫分密度分布

对1)所得各粒级样品进行浮沉试验。浮沉试验参照GB/T 478—2008《煤炭浮沉试验方法》进行,对样品进行系统分析,得到各粒度级和密度级的产率与灰分、全硫、形态硫含量。为了直观显示硫分在整个原煤中的分布规律,计算了各粒级不同密度级原煤的硫分分布率,以考察原煤中全硫在不同粒级、不同密度级物料中的分布情况。硫分分布率计算公式^[14]为

$$\eta_{ij} = \frac{\gamma_{ij} c_{ij}}{\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \sum_{j=1}^m c_{ij}}, \quad (1)$$

式中, η_{ij} 为第 i 个粒度级 j 个密度级全硫分布率, %; γ_{ij} 为第 i 个粒度级 j 个密度级物料的产率, %; c_{ij} 为第 i 个粒度级 j 个密度级物料中的硫含量, %; n 为粒度级个数; m 为浮沉级个数。

3) 原煤硫分嵌布结构分析

采用手选方式取得了典型含硫矿物的块状原煤, 对样品进行切片、磨抛、抛光制作。利用 Quanta250 * 扫描电子显微镜在低真空模式下采用 800 倍的放大倍数以及加速电压 25.0 kV 观察含硫矿物样品表面微观形貌。并采用 Quantax 400-10 型能量色散谱仪分析元素组成, 了解含硫矿物的赋存状态直观观察含硫矿物的存在形式与嵌布状态, 判断原煤脱硫的尺度与难度。

2 试验结果与分析

2.1 全硫粒度分布规律

原煤自然级大筛分结果如图 1 所示。由图 1 可知, 原煤粒度成分分布向粗粒级集中, 块煤比例高, >13 mm 粒级的块原煤占比达到 52.13%, 说明原煤煤质较硬, 采煤过程中不易粉碎。随原煤粒度的降低, 样品灰分逐渐升高, 由 21.32% 增加到 32.28%, 进一步说明原煤中有机质硬度较大, 矽石较脆, 在综采过程中矽石更多向细颗粒富集。<0.5 mm 部分产率为 9.15%, 灰分为 32.28%, 存在一定程度的泥化现象。

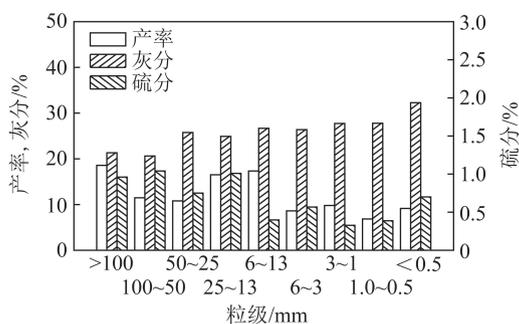


图 1 大柳塔选煤厂入选原煤自然级大筛分结果

Fig.1 Natural grade screening results of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

随粒度减小, 各粒级硫分呈现先减小后增大的趋势, 尤其 >50 mm 和 <0.5 mm 粒级硫分分别达到了 0.95%、0.70%, 硫分含量明显高于其他粒级, 说明硫分向粗细颗粒集中, 分选过程要特别注意块煤和细煤泥的脱硫效果。特别是原煤自然级 >50 mm 硫分高, 而其含量占比达到 27.31%。大柳塔选煤厂采用了块煤浅槽、跳汰+末煤重介旋流器的主体工艺, 生产过程中原煤中 >50 mm 部分未破碎直接进入分选环节, 这部分块煤硫分若以无机硫为主, 则会随精煤

进入商品煤, 造成商品煤硫分升高, 因此不能采用分级分选, 需根据后续形态硫分析结果进一步分析。若粗粒级中硫分以无机硫为主, 应考虑采用降低入选下限, 在物料进入分选环节前进行破碎解离, 保证脱除其他无机矿物的同时, 降低精煤中硫分。

鉴于此, 将大柳塔原煤 >50 mm 部分破碎至 <50 mm, 并分析破碎后硫分的粒度组成情况, 结果如图 2 所示。

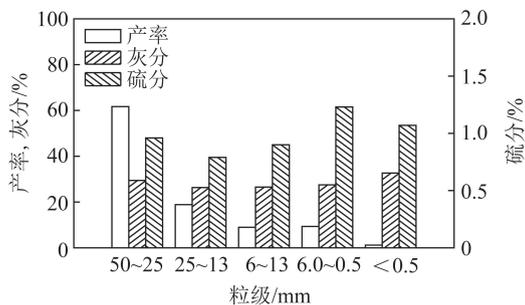


图 2 大柳塔选煤厂入选原煤破碎级粒度组成

Fig.2 Grade particle size composition of crushed raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

由图 2 可知, 破碎级物料主导粒级为 50 ~ 25 mm, 占比达到 61.67%, 硫分为 0.96%, 这与先前分析的神东矿区原煤抗碎强度较高有关, 破碎后原煤保持自身粒度的能力较强, 破碎产生细泥含量低, 含量不足 2%, 不增加煤泥水系统处理增加。破碎后各粒级硫分随粒级降低而波动升高, 尤其是 6 ~ 0.5、<0.5 mm 粒级硫分含量超过 1%, 经过破碎后由于矽石部分较脆易向细颗粒部分富集, 造成细粒级硫分含量升高。说明破碎后含硫矿物实现了一定程度的解离, 但解离程度还需结合浮沉结果分析。

2.2 全硫密度分布规律

原煤综合级浮沉试验结果如图 3 所示, 神东矿区原煤属于优质动力煤, 原煤中矽石以顶底板可见矽为主, 且煤层较厚, 内灰低^[15-16]。大柳塔选煤厂入选原煤主导密度级为 <1.4 g/cm³, 产率为 75.15%, 灰分为 5.67%, 硫分为 0.34%, 一般认为 <1.4 g/cm³ 原煤中灰分主要由同生矿物转化而成, 也称为内灰, 因此大柳塔选煤厂原煤内灰较低、同生矿物含量较低。当分选密度为 <1.5 g/cm³ 时, 精煤产率 81.66%。原煤中间密度级 1.5 ~ 1.8 g/cm³ 含量极低, 产率为 3.76%, 灰分为 27.74%, 因此没有必要生产中煤, 原煤只需排除矽石就能达到产品要求。>1.8 g/cm³ 灰分为 78.08%, 矽石较纯, 连生体较少。随着浮沉密度增大, 原煤硫分含量先缓慢增加, 当浮沉密度超过 1.6 g/cm³ 后, 全硫含量迅速增加。这可能是由于煤中含硫组分以无机矿物为主且整体解离情况较好,

因此在低密度级原煤中无机矿物含量较低,且随密度升高,增幅不大,而高密度级中无机矿物含量迅速增加,造成硫分快速增大。因此实际生产过程中需尽可能降低精煤的带矸率,保证精煤不受矸石污染。

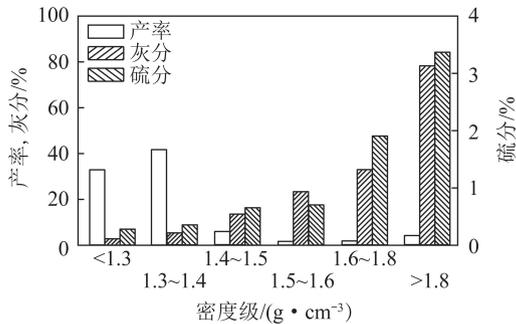


图3 大柳塔选煤厂入选原煤各密度级分布
Fig.3 Distribution of density grades of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

各粒度浮沉结果如图4所示。由图4可知,随浮沉密度升高,各粒度物料硫分均逐渐升高。浮沉密度 $1.3\sim 1.8\text{ g/cm}^3$,浮沉密度相同时,粗颗粒硫分整体高于细粒度,而在 $>1.8\text{ g/cm}^3$,浮沉密度相同时,除了 $>50\text{ mm}$ 粒度外,粗颗粒硫分低于细粒度,说明随着粒度上限降低,含硫矿物的解离程度逐渐增高,更多的含硫无机矿物向高密度物料集中,因此细颗粒原煤的低密度级硫分更低,高密度级硫分高于粗颗粒。而 $>50\text{ mm}$ 粒度主要是由于全硫含量较高,造成其各密度级的硫分都高于其他粒度。

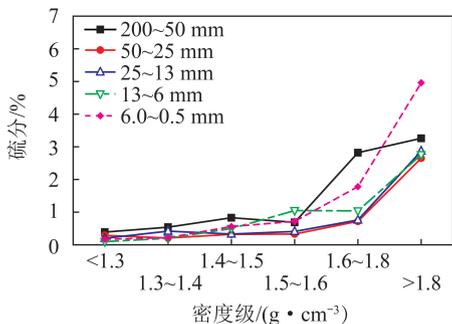


图4 大柳塔选煤厂入选原煤各粒度级密度组成
Fig.4 Density composition of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

原煤中硫分在不同粒度级各密度级物料中的分布情况如图5所示。由图5可知,随着浮沉密度升高,不同粒度的硫分分布率均呈现先升高后降低再升高的趋势,中间密度级硫分分布率极低,主要分布在 $>1.8\text{ g/cm}^3$ 和 $<1.4\text{ g/cm}^3$ 密度级,且在高密度级中分布最高。中间密度级硫分分布率低主要是由于其产率很低,高密度级产率虽然不高,但硫分较高,造成硫分分布率升高,说明原煤中以无机硫为主。整体看来,200~50 mm 低密度级硫分分布率和6.0~

0.5 mm 高密度级硫分分布率明显高于其他粒度,分别达到了27.88%、33.87%,因此实际生产过程中应特别注意粗粒级的解离效果和细粒级的排矸效果。

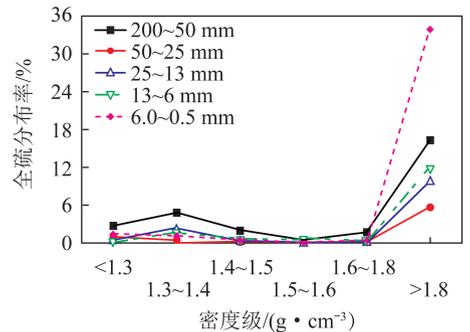


图5 大柳塔选煤厂入选原煤硫分在不同粒度各密度级分布
Fig.5 Distribution of sulfur content of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant at different grain levels and density levels

2.3 形态硫分布规律

根据前文分析基本判定大柳塔选煤厂入选原煤中硫分以无机硫为主要存在形式,但具体含量以及不同密度级物料的全硫组成还需结合形态硫测试结果分析。将原煤各粒度进行采样、分析,形态硫分布结果如图6所示,可知原煤中含硫组分以黄铁矿硫为主,占比超过60%、有机硫和硫酸盐硫含量相近。黄铁矿硫含量随粒度变小呈先增大后减少趋势,说明原煤中粗颗粒硫分含量相对较高,且以黄铁矿硫为主,如非产品结构需要,不出块煤的选煤厂应尽可能降低分选上限,将原煤中粗粒度部分进行破碎解离,有利于实现含硫矿物的解离分选。有机硫、硫酸盐硫与之相反。

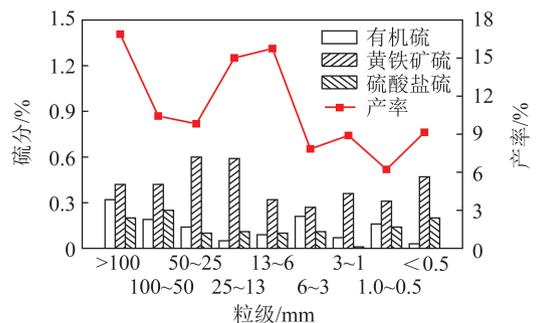


图6 大柳塔选煤厂入选原煤各粒度级形态硫分布
Fig.6 Sulfur distribution of each grain grade of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

原煤各密度形态硫分布结果如图7所示,可知随着密度级的增加,黄铁矿硫、硫酸盐硫含量逐渐增加,有机硫含量逐渐降低,说明低密度中硫分以有机硫为主,高密度级中硫分以黄铁矿硫为主,这与炼焦煤及其他文献研究结果类似^[14],由于有机硫无有效方法大规模脱除,因此选煤厂应该尽可能将原煤中黄铁矿硫解离,降低低密度级物料中黄铁矿含量。

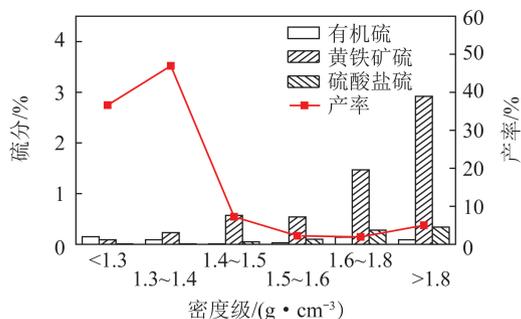
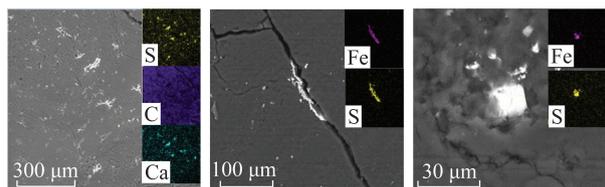


图7 大柳塔选煤厂入选原煤各密度级形态硫分布

Fig.7 Sulfur distribution of raw coal at each density grade of Daliuta Coal Preparation Plant

2.4 含硫矿物嵌布

原煤中含硫组分主要是黄铁矿硫,脱除黄铁矿硫是选煤厂保证原煤质量的重点。为了解原煤中含硫矿物的赋存状态,对手选代表性块状样品切片进行扫描电镜及与能谱测试分析,结果如图8所示。由图8(a)可知,硫酸盐主要存在形式为石膏,呈粒状嵌布在煤样中;有机硫均匀分布在碳元素周围,脱除难度大。由图8(b)可知,黄铁矿硫主要呈细脉状分布,充填在煤中裂隙状之间,属于后生矿物,嵌布粒度在0.1 mm左右。由图8(c)可知,团块状黄铁矿晶粒表面均一光洁,形态完整,这类黄铁矿也属于后生矿物^[7]。



(a) 硫酸盐硫 (b) 细脉状黄铁矿 (c) 团块状黄铁矿

图8 大柳塔选煤厂入选原煤电镜扫描与能谱分析

Fig.8 Scanning electron microscope and energy spectrum analysis of raw coal of Daliuta Coal Preparation Plant

3 结论

1) 大柳塔选煤厂入选原煤属中灰、低硫煤。随粒度减小,各硫分呈现先减小后增大的趋势,细粒级和粗粒级硫分含量明显高于其他粒级,硫分向粗细颗粒集中,且粗粒级原煤中硫分以黄铁矿硫为主,因此分选工艺的制定需考虑进一步降低分选上限,并加强细煤泥的提质效果。

2) 浮沉密度在 $1.3\sim 1.8 g/cm^3$ 时,同密度条件下,粗颗粒硫分高于细粒级;而在 $>1.8 g/cm^3$,粗颗粒硫分低于细粒级,说明随着粒级上限的降低,含硫矿物的解离程度逐渐增高,更多的含硫无机矿物向高密度物料集中。

3) 随着浮沉密度的增加,硫分分布率均呈现先升高后降低再升高的趋势,中间密度级硫分分布率极低,主要分布在 $>1.8 g/cm^3$ 密度级和 $<1.4 g/cm^3$ 密度级。整体看来, $200\sim 50 mm$ 低密度级硫分分布率和 $6.0\sim 0.5 mm$ 高密度级硫分分布率明显高于其他粒级,实际生产中应特别注意粗粒级的解离效果和细粒级的排矸效果。

4) 含硫组分以黄铁矿硫为主,占比超过60%,有机硫和硫酸盐硫含量相近。随着浮沉密度的升高,黄铁矿硫、硫酸盐硫含量逐渐增加,有机硫含量逐渐降低。硫酸盐的主要为石膏,呈粒状嵌布;黄铁矿硫呈细脉状、粒状分布,嵌布粒度0.1 mm左右,易于破碎解离。

参考文献 (References):

- [1] 文洁.多维视角下 FDI 对我国二氧化硫排放的影响-基于多层线性模型的实证分析[J].重庆理工大学学报(社会科学),2020,34(1):43-52.
WEN Jie. The impact of FDI on sulfur dioxide emission in China from multiple perspectives: An empirical analysis based on multi-layer linear model [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Social Science), 2020, 34(1): 43-52.
- [2] 洪建军.大气污染原因和环境监测治理技术创新研究[J].产业科技创新,2019,35(1):91-93.
HONG Jianjun. Air pollution causes and environmental monitoring and control technology innovation research [J]. Industrial Science and Technology Innovation, 2019, 35(1): 91-93.
- [3] 柴发合.我国大气污染治理历程回顾与展望[J].环境与可持续发展,2020,45(3):5-15.
CHAI Fahe. Review and prospect of air pollution control in China [J]. Environment and Sustainable Development, 2020, 45(3): 5-15.
- [4] 王淑燕.神东矿区资源开发利用研究与探索[J].煤矿安全,2017,48(S1):104-108.
WANG Shuyan. Research and exploration of resource development and utilization in Shendong Mining Area [J]. Coal Mine Safety, 2017, 48(S1): 104-108.
- [5] 李伟,建瑞革,詹恩娜,等.补连塔选煤厂技术改造设计浅析[J].煤炭工程,2012,44(S1):53-55.
LI Wei, JIAN Ruige, ZHAN Enna, et al. Brief analysis on technical renovation design of Bulianta Coal Preparation Plant [J]. Coal Engineering, 2012, 44(S1): 53-55.
- [6] 朱子祺.降硫提质生产洁净煤实现煤炭清洁供应[J].煤炭加工与综合利用,2016(1):51-55.
ZHU Ziqi. Clean coal supply by sulfur reduction and quality improvement [J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2016(1): 51-55.
- [7] 任辉,杜美利,刘雷,等.横山煤中黄铁矿的赋存特征及成因研究[J].煤炭技术,2019,38(4):75-77.
REN Hui, DU Meili, LIU Lei, et al. Study on occurrence characteristics and formation mechanism of pyrite in coal from Hengshan

- [J].Coal Technology,2019,38(4):75-77
- [8] 唐跃刚,贺鑫,程爱国,等.中国煤中硫含量分布特征及其沉积控制[J].煤炭学报,2015,40(9):1977-1988.
TANG Yuegang, HE Xin, CHENG Aiguo, et al. Occurrence and sedimentary control of sulfur in coals of China[J].Journal of China Coal Society,2015,40(9):1977-1988.
- [9] 周剑,张熙.新疆准东煤田硫分分布特征[J].煤质技术,2019(1):54-57.
ZHOU Jian,ZHANG Xi.Sulfur content distribution characteristics of Xinjiang Zhundong coal field[J].Coal Quality Technology,2019(1):54-57.
- [10] 陈鹏.中国煤中硫的赋存特征及脱硫[J].煤炭转化,1994(2):1-9.
CHEN Peng.Sulfur content distribution characteristics of Xinjiang Zhundong coalfield[J].Coal Conversion,1994(2):1-9.
- [11] 刘英杰,陈鹏,袁家源,等.中国煤中硫分分布特征的研究[J].煤炭科学技术,1985(7):8-12.
LIU Yingjie,CHEN Peng,YUAN Jiayuan,et al.Study on the distribution characteristics of sulfur in coal in China [J].Coal Science and Technology,1985(7):8-12.
- [12] 王伟.神东矿区商品煤工艺性质研究及其利用途径分析[J].煤炭加工与综合利用,2020(3):51-57.
WANG Wei.Study on technical properties of commercial coal and analysis of utilization approaches in Shendong Mining Area [J].Coal Processing & Comprehensive Utilization,2020(3):51-57.
- [13] 朱子祺,李琛光,张佳彬,等.神东矿区微细粒低硫原煤高梯度磁选脱硫研究[J].煤炭技术,2019,38(9):131-134.
ZHU Ziqi,LI Chenguang,ZHANG Jiabin,et al.Study on high gradient magnetic selective desulfurization of fine granular low sulfur raw coal in Shendong Coal Mining Area [J].Coal Technology,2019,38(9):131-134.
- [14] 傅丛,白向飞,丁华,等.我国动力用煤及煤化工领域对煤质的基本要求[J].煤质技术,2019,34(5):1-8.
FU Cong,BAI Xiang-fei,DING Hua,et al.Basic requirements of coal quality for Chinese power coal and coal chemical industry [J].Coal Quality Technology,2019,34(5):1-8.
- [15] 孙培林,周俊,田春华.陕西海湾选煤厂动力煤深度分级模式应用探讨[J].选煤技术,2015(5):70-73.
SUN Peilin,ZHOU Jun,TIAN Chunhua.Discussion on precise thermal coal sizing process in Haiwan coal preparation plant of Shaanxi province [J].Coal Preparation Technology,2015(5):70-73.
- [16] 夏云凯,王新华,朱利伟.动力煤干选脱硫工艺研究现状[J].选煤技术,2017(2):84-91.
XIA Yunkai,WANG Xinhua,ZHU Liwei.Current status of the study of desulfurization of power coal using dry cleaning process [J].Coal Preparation Technology,2017(2):84-91.