

# 神东矿区商品煤喷吹性能适用性分析

杜红梅

(国能神东煤炭检测公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017010)

**摘要:**双碳战略驱动动力煤企业积极探索煤炭利用转型发展。高炉喷吹是神东商品煤潜在的有效利用途径。采取神东矿区生产的8种商品煤样品,按高炉喷吹煤要求的基本性质、爆炸性、粉体特性、反应性指标对煤样进行系统测试分析,获得了神东矿区商品煤在高炉喷吹用煤方向的适用性。结果表明,神东商品精煤具有低灰、低硫、中-高挥发分、高热量的特点。高炉喷吹煤编号为PC-MHVYM-A1-S1属于质量优良的商品煤和良好的喷吹用煤原料。流动性和喷流性指数良好,但爆炸性强,阻碍了神东商品煤在高炉喷吹方向使用。下一步应积极推进工业应用研究,为动力煤低碳使用提供技术支持。

**关键词:**动力煤;高炉喷吹;爆炸性;煤粉特性

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2023)S1-0007-05

## Applicability analysis of commercial coal injection performance in Shendong mining area

DU Hongmei

(Testing Company, Guoneng Shendong Coal Group, Ordos 017010, China)

**Abstract:** The dual-carbon strategy drives steam coal enterprises to actively explore the transformation and development of coal utilization. Blast furnace injection is a potential and effective way to utilize Shendong commercial coal. Eight commercial coal samples produced in Shendong mining area were taken, the coal samples were systematically tested and analyzed according to the basic properties, explosivity, powder properties and reactivity indexes required for blast furnace injection, and the applicability of commercial coal in Shendong mining area in the direction of blast furnace injection was obtained. The results show that Shendong commercial clean coal has the characteristics of low ash, low sulfur, medium-high volatile matter and high calorific value. The blast furnace injection coal No. PC-MHVYM-A1-S1 belongs to high-quality commercial coal and good injection coal raw material. The fluidity and jet flow index are good, but the explosion is strong, which hinders the use of Shendong commercial coal in the direction of blast furnace injection. The next step is to actively promote industrial application research and provide technical support for low-carbon use of steam coal.

**Key words:** steam coal; blast furnace injection; explosive; characteristics of pulverized coal

## 0 引言

煤炭是国民生产生活必不可缺的能源之一,在今后较长时间内仍将是我国主体能源<sup>[1-2]</sup>。为应对气候危机,我国将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,制定碳达峰行动计划,广泛深入开展碳达峰行动。通过逐步压缩动力煤使用量和提升清洁能源比例降低碳排放。在此背景下,动力煤生产企业需提前布局,积极探索动力煤资源向原料化、材料化

使用方向转化。高炉喷吹对于煤质要求较高,且煤质直接影响喷吹经济效益和高炉正常操作,因此市场上大部分采用煤化程度大,碳含量高、挥发分低的无烟煤用作高炉喷吹<sup>[3-5]</sup>。近年来,由于无烟煤资源较少、灰分逐渐升高且煤质下降,学者通过研究变质程度低、挥发分高、资源丰富的烟煤用于高炉喷吹。神东矿区的商品煤主要是低灰、低硫、低磷、低氯、中高发热量优质动力煤、冶金和化工用煤<sup>[6-8]</sup>。胡军等<sup>[9]</sup>为扩大煤种选择,对高挥发分神华煤进行

收稿日期:2022-12-10;责任编辑:张鑫 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22130058

作者简介:杜红梅(1986—),女,内蒙古伊金霍洛旗人,助理工程师。E-mail:wangzhenfei1987@163.com

引用格式:杜红梅.神东矿区商品煤喷吹性能适用性分析[J].洁净煤技术,2023,29(S1):7-11.

DU Hongmei. Applicability analysis of commercial coal injection performance in Shendong mining area[J]. Clean Coal Technology, 2023, 29(S1): 7-11.

研究,发现可通过放宽喷吹煤粉粒径或与无烟煤混合将高挥发分的神华煤用作高炉喷吹。谭静等<sup>[10]</sup>为实现神东煤的加工利用,研究热解半焦用作高炉喷吹原料,发现其喷吹特征与目前国内主流的喷吹煤性质相当,适合作为高炉喷吹的原料。张文辉等<sup>[11]</sup>研究神东煤在高炉喷吹中的作用,发现每吨神东高钙烟煤可为企业带来效益 40~120 元,提高了煤炭利用的经济。神东目前已将动力煤资源向高炉喷吹、现代煤化工用煤等低碳方向转型作为提升企业经济效益、降低碳排放的重要途径<sup>[12]</sup>,开展了一系列前期研究,并成功将上湾选煤厂精煤应用至某钢厂高炉喷吹配煤。为全面分析神东矿区商品煤在高炉喷吹方向的适用性和应用特征,采取神东矿区生产的 8 种商品煤样品,按照高炉喷吹煤要求的基本性质、爆炸性、粉体特性、反应性指标对煤样进行了系统测试分析。

## 1 试验

### 1.1 试验样品

试验样品为神东矿区主力选煤厂精煤,分别为大柳塔活鸡兔系统精煤、大柳塔大井系统精煤、上湾精煤、哈拉沟精煤、石圪台精煤、补连塔精煤、榆家梁精煤、布尔台精煤,按照 GB/T 475《商品煤样人工采取方法》的输送带采样法,取精煤上仓输送带上某一全横截断作为一个子样,缩分得到代表性煤样。采样地点、采样名称与采样数量见表 1。

表 1 煤种及数量

样品	采样数量/kg
活鸡兔系统精煤	600
大柳塔系统精煤	600
上湾精煤	600
哈拉沟精煤	600
石圪台精煤	600
补连塔精煤	600
榆家梁精煤	600
布尔台精煤	600

### 1.2 研究内容

#### 1.2.1 精煤基本性质测定方法

对缩分后的代表性样品煤进行煤质分析,按 GB/T 212—2008《煤的工业分析方法》进行工业分析<sup>[13]</sup>,按 GB/T 214—2007《煤中全硫的测定》测定硫分<sup>[14]</sup>,按 GB/T 213—2008《煤的发热量测定方法》测定发热量<sup>[15]</sup>。

#### 1.2.2 高炉喷吹用煤工艺性质

高炉喷吹用煤工艺性质包括爆炸性、煤粉特性

和化学反应活性。采用长管式测试装置来测定煤粉爆炸时返回火焰长度确定煤粉有爆炸性强弱。试验时用 1 g、<0.07 mm 煤粉试样,喷入玻璃管内 1 050 ℃ 火源上,根据其返回火焰长短判断爆炸性。

粉体特性包括煤的流动性和喷流性。试验采用 BT-1000 型粉体综合特性测试仪,对其进行流动性参数测定,查流动性指数表得到各指数,将指数求和,可确定对粉体的流动性评价,同理可确定粉体的喷流性评价。

化学反应活性依据 GB/T220—2001《煤对二氧化碳化学反应性的测定方法》<sup>[16]</sup>,由于本试验所用的管式炉温度在 1 000 ℃ 左右,因此在 1 000 ℃ 测定了 8 种精煤煤样的反应性。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品精煤的基本性质

#### 2.1.1 挥发分

现行高炉喷吹用煤技术条件将高炉喷吹用煤按煤种分为高炉喷吹用无烟煤、高炉喷吹用低挥发分烟煤和高炉喷吹用中-高挥发分烟煤。为判断神东矿区商品煤的种类首先分析商品煤挥发分。结果如图 1 所示。

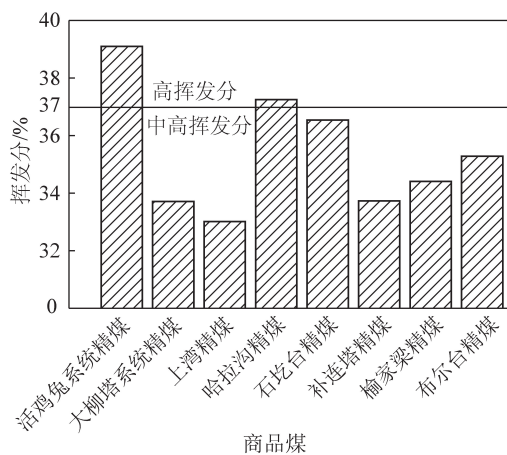


图 1 挥发分等级分类

由图 1 可知,8 种精煤样品的挥发分在 20% 以上,普遍高于 32%,为高炉喷吹用中-高挥发分烟煤。按我国煤炭分类来看,精煤属于弱黏煤、长焰煤。挥发分越高,煤燃烧率可能增加,因此,煤挥发分含量高较有利;然而由于挥发分高,煤爆炸性能越强,煤在风口前燃烧需吸收更多热,因此要求更多的热补偿。

#### 2.1.2 灰分、硫分等级

高炉喷吹用煤产品目录以“类别+灰分等级+全硫等级”进行划分、分码。将神东商品煤按产品目

录整理,分析其灰分、硫分等级。具体结果如图 2、3 所示。

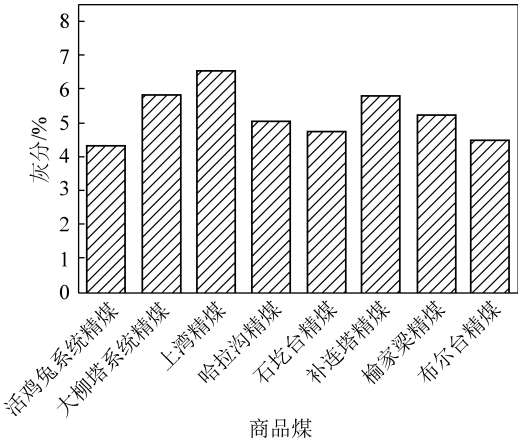


图 2 神东各商品精煤灰分分布

由图 2、3 可知,神东商品煤灰分基本在 6% 以下,属于 A1 级别。上湾精煤灰分在 6.00%~8.00% 属于 A2 级别。神东商品煤硫分基本在 0.50% 以下,

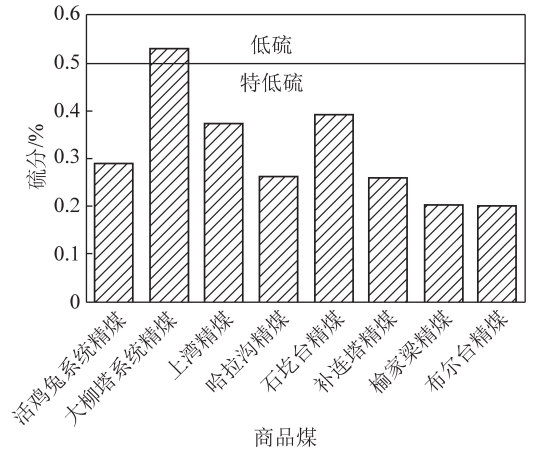


图 3 神东各商品精煤硫分分布

属于 S1 级别,大井系统精煤硫分在 0.50%~0.75%, 属于 S2 级别。从灰分、硫分等级来看,样品煤杂质含量低、质量较好,满足高炉喷吹煤的标准,均可以用作高炉喷吹煤原料。对样品产品目录进行整理结果见表 2。

表 2 样品产品目录

样品	高炉喷吹用煤	编号
活鸡兔系统精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S2
大柳塔系统精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S2	PC-MHVYM-A1-S2
上湾精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A2S1	PC-MHVYM-A2-S1
哈拉沟精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S1
石圪台精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S1
补连塔精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S1
榆家梁精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S1
布尔台精煤	高煤喷吹用中-高挥发分烟煤 A1S1	PC-MHVYM-A1-S1

由表 2 可知,神东矿区商品编号基本为 PC-MHVYM-A1-S1 属于质量优良的商品煤,上湾精煤为 PC-MHVYM-A2-S1,灰分等级略高,大柳塔系统和活鸡兔系统精煤为 PC-MHVYM-A1-S2,硫分等级略高,但均属于良好的喷吹用煤。进一步提高喷吹用煤质量,上湾商品煤需进一步降低灰分,大柳塔系统和活鸡兔系统需进一步降低硫分。

2.1.3 其他指标

根据 GBT 15224.3—2018《煤炭质量分级第 3 部分:发热量》<sup>[17]</sup>,对神东矿区商品煤发热量进行分级,结果如图 4 所示。由图 4 可知,神东矿区的 8 种样品煤中,高发热量煤有 1 种,为活鸡兔系统精煤。6 种中高发热量煤,补连塔精煤仅 1 种发热量煤。我国要求高炉喷吹煤发热量不低于 23.50 MJ/kg, 8 种商品精煤发热量均>23.50 MJ/kg,符合高炉喷吹煤标准,均可用作高炉喷吹煤。

2.2 工艺性质分析

基础性性质分析主要从原则上判断神东商品煤的

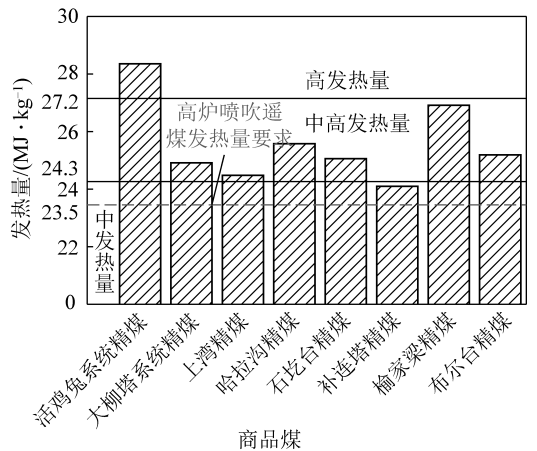


图 4 神东各商品精煤发热量分布

基本指标与喷吹用煤方向的适用性,而在喷吹用煤实际使用过程中还必须考虑经济性和安全性。安全性在很大程度上决定喷吹用煤的适用性。因此从高炉喷吹利用的工艺性质方面对神东商品煤的适用性进行分析。

2.2.1 爆炸性

我国基本上采用粉煤喷吹,煤粉的爆炸性指标,特别是烟煤的爆炸性指标对于防止爆炸、安全生产极为重要。煤粉爆炸及火焰传播特性是粉尘爆炸研究的焦点之一,高炉喷吹所用煤粉通过气力输送方式从煤仓贮煤罐、喷吹罐等经由管道送到高炉风口,并由煤枪喷入高炉内。该过程中输送气体有氧气存在,煤粉处于悬浮状态,且涉及定容密闭的或部分密闭的空间。我国此过程可能发生爆炸,因而对煤粉燃烧与爆炸特性的关注越来越高。各商品精煤的爆炸性如图 5 所示。

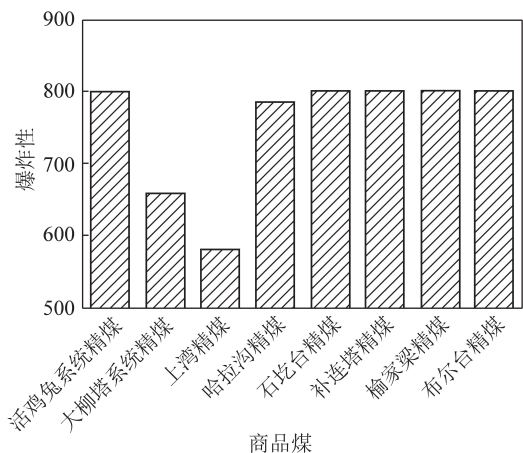


图 5 各商品精煤的爆炸性分布

由图 5 可知,神东商品煤均在 500 mm 以上,属于强爆炸性煤。这主要是由于喷吹煤粒度细且挥发分高。研究表明磨细后的煤粉具有较大的比表面积,易发生爆炸,影响安全,挥发分越高,其煤粉爆炸性越强烈。因此从安全性角度而言,神东商品煤均存在爆炸风险,不宜直接利用,可从提升粒度上限和混配方向降低爆炸风险。

2.2.2 粉体特性

粉体特性包括流动性和喷流性 2 个指标,流动性反映粉体物理性能对输送过程的影响。高炉喷吹煤粉需气力输送,因而要求煤流动性好。流动性指数越高,代表输送能力越强。喷流性指粉体喷入高炉后,在风口回旋区的弥散性。神东矿区的喷流性指数与流动性指数如图 6、7 所示,可见商品精煤的流动性指数普通,均在 60 以上,其中大井系统精煤流动性指数最高,为 71。商品精煤喷流性指数较强,在 70 左右,其中活鸡兔系统精煤的喷流性指数最高,为 81。目前国内大部分喷吹煤的流动性指数在 48.0~57.5,喷流性指数在 76.5~86.0。因此,8 种商品精煤的流动性均符合喷吹煤的最低要求,但对于喷流性,只有活鸡兔系统精煤的喷流性满足需求,

其他均不可用作高炉喷吹煤。综上所述,对于煤的粉体特性,目前只有活鸡兔系统精煤满足要求,可以作为高炉喷吹煤的原料。

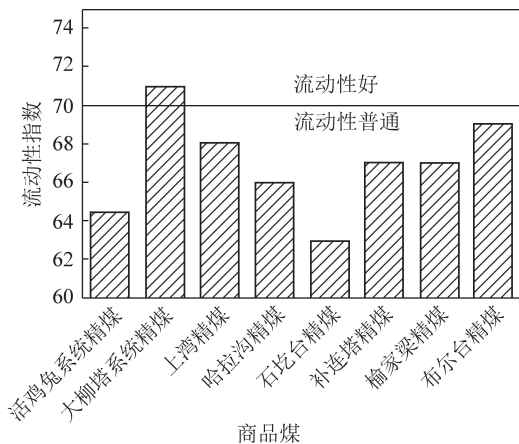


图 6 各商品精煤流动性指数

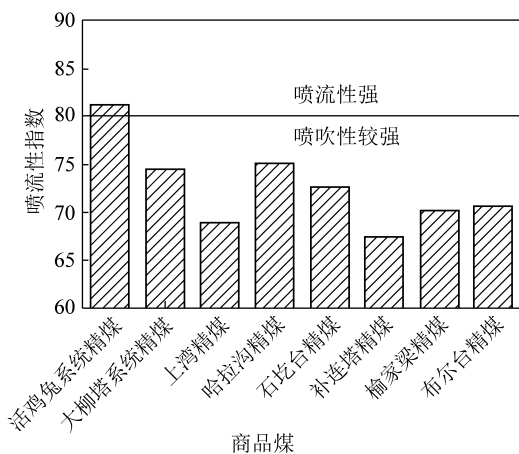


图 7 各商品精煤喷流性指数

2.2.3 反应性

反应性是煤气化、燃烧的重要指标。反应性直接影响高炉的煤耗量、氧耗及煤气中的有效成分。神东商品煤的反应性如图 8 所示,可知神东商品煤的反应性均在 90% 以上,属于高反应性煤。高炉喷吹高反应性煤可抑制焦炭的熔损反应,有利于改善焦炭的高温性能,其原因在于煤的反应性远高于焦炭的反应性,煤的存在减小了二氧化碳与焦炭的反应。加入高反应性煤,减小了不同焦炭的反应性和反应性后强度的差别,喷吹高反应性煤对使用高反应性焦炭的高炉效果更佳。高炉喷吹反应性强的煤,不仅可提高煤粉燃烧率,提高喷吹量,且风口区未燃煤粉在高炉的其他部位参与与 CO<sub>2</sub> 的气化反应,减少焦炭的气化反应。煤的气化反应活性比焦炭气化反应强得多,在某种程度上对焦炭强度起保护作用。可见神东商品煤的反应性十分适合作为喷吹配煤。

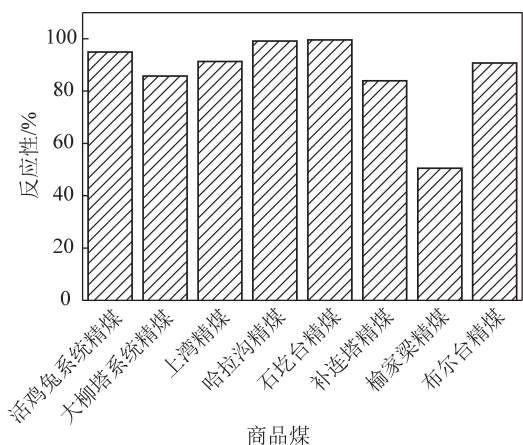


图 8 各商品煤反应性

### 2.3 适应性分析

神东商品精煤变质程度较低,基本为长焰煤和不黏煤,均属于烟煤,具有低灰、低硫、中-高挥发分、高热量的特点。对于煤的粉体特性,目前只有活鸡兔系统精煤满足要求,可作为高炉喷吹煤的原料。其余煤均不可作为高炉喷吹的原料。此外,爆炸性强是影响神东商品煤用作高炉喷吹方向的主要指标,需与无烟煤配煤使用或采用富氧燃烧技术。目前采用配煤是有效手段,将上湾商品煤与山西无烟煤混合后,测量不同掺配比例条件下煤样的爆炸性,结果如图 9 所示,可知随上湾煤掺配比例增加,返回火焰长度先固定在 0,超过 20%后出现零星火焰,掺配比例逐渐增大到 50% 以上时,返回火焰长度迅速增至 80 mm 以上。可见掺配无烟煤可显著抑制上湾精煤的爆炸性,此混合煤种的掺配上限在 50% 左右。

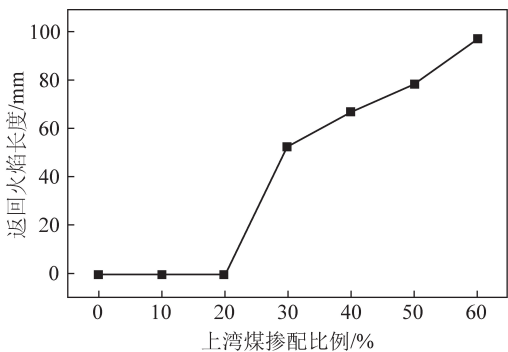


图 9 不同上湾掺配比例下对返回火焰长度的影响

## 3 结 论

1) 神东商品精煤具有低灰、低硫、中-高挥发分、高热量的特点。高炉喷吹煤编号基本为 PC-MHVYM-A1-S1 属于质量优良的商品煤,此外上湾

精煤为 PC-MHVYM-A2-S1,灰分等级略高,大柳塔系统和活鸡兔系统精煤为 PC-MHVYM-A1-S2,硫分等级略高,属于良好的喷吹用煤原料。

2) 神东商品精煤的流动性和喷流性指数与国内大部分喷吹煤相当。但爆炸性强阻碍了神东商品煤在高炉喷吹的应用。掺配无烟煤可以显著抑制神东商品煤的爆炸性,掺配上限在 50% 左右。

3) 神东商品精煤在高炉喷吹用煤方向展现了良好的应用前景,其杂质含量低、煤粉流动性好、反应性好,可有效降低喷吹用煤使用成本,下一步应积极推进工业应用研究,为动力煤低碳使用提供技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 华茂堂.煤炭清洁利用技术简述[J].内蒙古煤炭经济,2017(18):15-34.
- [2] 陆小泉.我国煤炭清洁开发利用现状及发展建议[J].煤炭工程,2016,48(3):8-10.
- [3] 祁晓燕,王志民.神东矿区煤质变化的地质因素分析[J].山西大同大学学报(自然科学版),2010,26(4):75-78.
- [4] 段健.灰色系统理论在高炉喷吹煤优选中的应用[J].煤炭加工与综合利用,2015(12):64-67.
- [5] 常德亮,张硕.彬长矿区高家堡煤矿末煤作高炉喷吹煤的分析[J].煤炭加工与综合利用,2015(7):70-71,73.
- [6] 李会玲,钟雪晴.潞安配煤的高炉喷吹性能实验研究[J].煤炭加工与综合利用,2013(3):57-59.
- [7] 徐延枫,张玉祥,刘珊.更新设计理念,强化项目管理,建设高效选煤厂[J].煤炭加工与综合利用,2013(S1):88-91.
- [8] 陈凡,孙国兴,贺立明.神东煤制油选煤厂煤泥减量化新工艺研究[J].煤炭加工与综合利用,2017(S1):81-86.
- [9] 胡军,刘秀梅,陈怀珍,等.高炉喷吹高挥发分“神华煤”的研究[J].中国煤炭,2004(1):41-43.
- [10] 谭静,朱川.神东煤热解特性及半焦用作高炉喷吹适用性分析[J].洁净煤技术,2018,24(4):65-71.
- [11] 张文辉,陈为高.“碳中和”愿景下,煤炭企业绿色高效发展路径分析[J].能源,2021(9):51-53.
- [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.
- [13] 中国煤炭工业协会.煤的工业分析方法:GB/T 212—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [14] 中国国家标准化管理委员会.煤中全硫的测定:GB/T 214—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [15] 中国国家标准化管理委员会.煤的发热量测定方法:GB/T 213—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [16] 中国国家标准化管理委员会.煤对二氧化碳化学反应性的测定方法:GB/T 220—2001[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [17] 中国国家标准化管理委员会.煤炭质量分级第 3 部分:发热量:GB/T 15224.3—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.