

无烟煤热稳定性的改进

周淑仪 彭祖铭 编著

冶金工业出版社

無烟煤熱穩定性的改進

周淑儀 彭祖銘 編著

冶金工業出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版營業許可証出字第093号

國家統計局印刷廠印 新華書店發行

1953年8月第一版

1959年8月北京第一次印刷

印數1,520冊

開本787×1092·1/32·18200字·印張 $\frac{28}{32}$

統一書號 15062·1785 定價 0.14元

无烟煤热稳定性的改进

周淑仪 彭祖銘 編著

冶金工业出版社

編者的話

为了滿足炼鉄炼鋼对燃料的需要，保証完成和超額完成今年生产1800万吨鋼的伟大而艰巨的任务，就需要在焦炭供应不足的情况下，千方百计地利用各种代用品，来解决目前存在的焦炭不足的問題。

我国炼焦煤的資源极为丰富，但分布得不够平衡。在缺乏炼焦煤的地区，应用无烟煤块来炼鉄炼鋼，对解决焦炭不足的問題，具有着实际的意义。

无烟煤在加热过程中，具有不同程度的爆裂性。爆裂性較严重的无烟煤对燃煤进程产生不良甚至破坏性的影响。本書主要叙述改进京西无烟煤热稳定性的实际經驗——使热稳定性最差的无烟煤，經过热处理后可以应用于冶金工业。

目 錄

第一章 无烟煤概述	3
第二章 實驗室試驗	7
第三章 工业試驗	16
第四章 初步結論	28

第一章 无烟煤概述

在我国已知煤质的煤储量中，无烟煤占12%，尤其是中南、华南、西北地区的无烟煤更占各该区储量的20—30%。炼焦煤资源虽然非常丰富，约占全国探明储量的63%。但是，这些资源的分布却是极不平衡的。有的省份多，有的省份少；有的地方蕴藏着极为丰富的铁矿，但却只有无烟煤。如浙江、福建、广东、广西、湖北等省储量既不多，煤的牌号也较单纯，工业用煤极为缺乏，多为无烟煤。

过去无烟煤的用途仅限于民用和动力用。1953年党号召全民办钢铁以后，中、小型高炉数以万计地建立起来，出现了炼焦煤运输紧张和焦炭供应不足的情况。而国内无烟煤的储量却很丰富，产地分布广泛。面对着这一矛盾，为了动员一切积极因素，多快好省地建设社会主义，“因地制宜”“就地取材”广泛地应用无烟煤作为冶金和煤气发生炉燃料，具有一定的政治和经济意义。

1. 无烟煤的一般特性

我国无烟煤多属石炭二叠纪及侏罗纪，是一种变质程度最高的煤，它的一般性质如下：

挥发份 (V^r)	 < 9%
胶质层 (y)	 0 公厘
坩埚粘结性	 不粘结成粉状
发热量 (Q_b^r)	 8100—8400卡/克
含炭量 (C^r)	 > 95%

在一般情况下，无烟煤的灰份和硫份均较低；机械强度较其它煤种为大。因此它不仅是最好的燃料，而且还可以作为高爐和化鉄爐燃料以及煤气发生爐原料。30立方公尺以下的高爐，采用无烟煤块作为炼鉄的燃料是完全可以的。小型高爐爐身短、料柱低，无烟煤对这样小的压力能够承受，对低料柱的阻力也比较容易克服。无烟煤块用作中、小型高爐、化鉄爐及煤的气化原料，是一项节约冶金焦和降低鋼鉄成本的有效措施。一般中、小型高爐用土焦，成本高，质量又差，而无烟煤却是既經濟又扩大了冶金燃料的资源。

高爐炼鉄时，燃料的作用是和鼓入的空气燃烧发生高温，产生煤气，还原鉄矿，熔化爐渣。因此要求燃料在高温受压的条件下，应具有不易破碎、透气性良好、反应性强、发热量高的性能。所以并不是所有无烟煤块都能用作冶金燃料，它必須适合于下列的基本要求：

1) 化学成份：灰份和硫、磷的含量越少越好。灰份多不但会减少燃料发热量，而且会造成大量爐渣，消耗过多的石灰石，使产量和质量降低，同时容易阻塞煤气系統和煤道系統的順暢。含硫过高，不但会造成去硫的困难，同时使生鉄发生热脆现象。如果要使硫份大量进入爐渣，則必須提高爐温，多加石灰石，这就多消耗了燃料和溶剂，因而降低了爐子的生产能力。磷在冶炼过程中，全部进入生鉄，无法去除。同时使生鉄发生冷脆，不能翻鑄重要机器零件。

2) 物理性能：

① 要有較高的机械强度，这样在炼鉄爐中，方能承受料柱的压力，防止由于产生碎屑而造成透气性差和爐况不正常等现象发生。

② 要有良好的热稳定性。所谓热稳定性，即一种燃料能在高温下受热不改变本身机构而破裂的性能。有些无烟煤在常温下机械强度很好，可是遇热后就分裂成小块或碎末，这种性质不但使无烟煤完全不适合作为高爐、化鉄爐和煤气发生爐燃料，严重的甚至不能作为家庭燃料。

无烟煤的化学成份一般能符合要求。所含灰、硫量甚至比焦炭低。但在加热过程中，大多数无烟煤都具有不同程度的爆裂性，它們在高温受热时爆裂成碎末，破坏了燃烧进程。因此研究改进无烟煤块的热稳定性就成为极其重要的任务之一。苏联的冶金学者給我們指出了新的方向，即无烟煤經過預热加工后，可以基本上增加其机械强度、热稳定性和气孔率等。

2. 无烟煤爆裂的原因

无烟煤爆裂的原因，說法很多，概括起来，有下述几种：

1) 分子内应力：煤是由远古植物残体堆积起来，經過复杂的化学和物理化学作用而生成的。煤（主要指鏡煤和亮煤）在变质过程中，不断析出水份和揮发物質。由于煤内部不断析出水份和揮发物質，煤分子間就产生内应力，这种内应力，如果超过了分子間的引力，就会产生裂紋；如果内应力不超过分子間引力，照例能維持原状，但当从外界給煤分子加以内能，使内应力增加到超过分子間引力时，也同样会产生裂紋。无烟煤是变质程度最高的一种煤，析出的揮发物質和水份也最多，自然内应力也較大，超过分子間引力的傾向也較显著。当无烟煤在高温下急剧受热，即迅速給分子以

內能，就容易引起爆裂現象。至于在變質過程中，析出揮發物質不多的絲炭和部份的暗煤，就不一定發生這樣的現象。

2) 礦物結晶水的析出：當無煙煤含有一定量的帶有結晶水的礦物（主要指石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）時，在受熱過程中，由於結晶水的析出，內壓增大，而使無煙煤發生爆裂現象。

3) 揮發份的析出：同樣的，在無煙煤快速加熱時，煤中揮發份析出的速度，也是無煙煤發生爆裂的原因。

爆裂的原因，說法很多，由於對這方面缺乏深入的理論性研究，因此對它們難以一一驗證。

為了使無煙煤塊能用作工業燃料，我們進行了改進無煙煤塊熱穩定性的研究。研究對象是蘊藏量豐富的京西礦務局所屬礦區的無煙煤。

第二章 實驗室試驗

1. 京西矿务局无烟煤的性質

京西矿务局所屬矿区的无烟煤的一般性質如下。

京西矿务局几种无烟煤块的工业分析如表 1 所示。

表 1

京西矿务局几种无烟煤块的工业分析

矿区名称	粒 度 公厘	水 分 W _a %	揮 发 分 V _r %	灰 分 A _c %	硫 分 S _{0.6m} %
城 子	25—100	2.29	5.10	11.87	0.34
門 头 沟 (二槽)	25—100	1.75	6.12	9.33	0.23
門 头 沟 (七槽)	25—100	2.90	4.52	22.77	0.09
安 家 滩	25—100	1.50	5.48	10.61	0.34

从表 1 可看出，京西无烟煤的挥发分略高于焦炭，灰分与硫分均低于焦炭。

机械强度和热稳定性的测定，系参照苏联国家标准方法 (ГОСТ 3846—47)，結合我国土、小高爐对冶金燃料块度的要求进行的：

(1) 机械强度的测定系将粒度 25—40 公厘的煤样 200 克自一公尺高处向一铁版上墜落二次，取其中粒度大于 13 公厘的煤块重量对原煤样重量的百分数，即为机械强度 (大于 1 公厘的 % 作为辅助指标)。京西矿务局几种无烟煤块的机械强度，如表 2 所示。

(2) 热稳定性的测定系将 700~2000 克 (以爆裂后剩

余約 500 克估計) 粒度 25—40 公厘的煤样, 分次送入預先加热至 900°C 的馬弗爐中加热 15 分鐘, 取其中大于 25 公厘的煤块重量对原煤样重量的百分数作为耐爆性指标, 如表 2 所示。将上述大于 25 公厘的块煤約 500 克装入一个內径 180 公厘、长 200 公厘的轉鼓中, 以每分鐘 50 轉的速度轉 5 分鐘 (共計 250 轉), 將鼓內的煤取出篩分, 取其中大于 13 公厘的块煤重量对入鼓煤样重量的百分数作为耐磨性指标 (小于 1 公厘的 % 作为輔助指标)。热稳定性指标 % = 耐爆性指标 % × 耐磨性指标 %。

表 2

京西矿务局几种無烟煤块的机械强度和热稳定性

矿区名称	机械强度		热 稳 定 性			
	>13 公厘	<1 公厘	耐 爆 性	耐 磨 性		热稳定性
	%	%	>25 公厘 %	>13 公厘 %	<1 公厘 %	
安 家 滩	96.4	0.7	31.0	73.7	7.1	22.8
門 头 沟 (二槽)	94.2	2.8	54.8	77.4	6.4	42.4
大 安 山	93.2	1.3	64.6	62.5	12.5	40.4
房 山	88.0	2.7	79.6	76.1	13.5	60.5
城 子	96.3	1.5	80.9	79.8	7.8	64.6
門 头 沟 (七槽)	87.4	2.7	90.2	72.6	14.5	65.5

2. 京西无烟煤热稳定性改进的試驗

苏联 C. Л. 布尔卡柯夫曾在竖爐中进行无烟煤热处理的研究。布氏系将无烟煤块依照规定加热曲线, 用热气流在 12—13 小时内加热至最終温度——850—900°C, 随后冷却到 100—200°C。消耗在热处理上的热量等于无烟煤发热量的 3%。设备效率达到 93—100%。加热方法应保証在 520—

600°C 之間均勻加熱。經過熱處理的无烟煤 碳含量增加了 1.09—2.86%，氢、氧、氮含量相應地減少，有硫机的含量增加了。无烟煤經過熱處理后气孔率增加了 12—15%，机械强度增加了 1.5 倍。这种无烟煤应用在高爐熔煉生鉄时，曾使生产率增加 15—20%，燃料預約 20%，并且由于直接还原率的增加，爐缸温度的提高，降低了生鉄中硫的含量，提高了生鉄质量。

苏联 A.H. 聶道別金曾在實驗室中得出一个理想的无烟煤热处理曲綫，此即在 100—120°C 及 400—600°C 两个温度范围内必須注意控制。热处理最终温度为 1100°C。热处理后的无烟煤机械强度、气孔率均得到改进，揮发分及硫分也相应降低。热处理后的无烟煤合于冶金熔煉使用。

根据我国群众性的經驗，爆裂性的无烟煤块可用成堆火烤的处理方法。我們开始試用沙堆、黄土盖等間接加热的方法。在这个試驗中，我們发现門头沟二槽和安家滩无烟煤块在 250°C 时已开始爆裂，因此决定首先进行低温处理法，温度保持在 250°C 以下，先后采用了直接与間接加热，气体、液体和固体載热体加热，并且为使加热均匀，曾采用了攪拌和保温等方法。經不同温度、不同時間和不同加热方式处理后的无烟煤块其机械强度和热稳定性分別列于表 3。試驗結果初步說明：

(1) 京西各矿的无烟煤块在强度上較為相近 (87.4—96.4)，但热稳定性却有显著的不同 (22.8—65.5)。几种京西无烟煤块經過熱处理后热稳定性均有不同程度的显著改进。

(2) 几种不同耐爆性的原煤块，經過熱处理后最好的

京 西 矿 無 烟 煤 块 的

編 号	煤 种	粒 度 公厘	处理温度 ℃	处理 時間 小时	处理方法	載 热 体	热
							耐爆性 >25公厘 %
1	門头沟二槽	40—25					54.8
2	門头沟七槽	"					90.2
3	安 家 灘	"					81.0
4	城 子	"					80.9
5	房 山	"					79.6
6	大 安 山	"					64.6
7	門头沟二槽	>40	150—200	24	間 接	固体 (沙)	93.5
8	"	40—25	200	3 ½	直 接	气体 (烟道气)	92.7
9	"	"	150—200	18	間 接	固体 (沙)	87.7
10	"	"	"	12	間 接	固体 (沙)	86.7
11	"	>40	250—300	4	間 接	黄土复盖	85.3
12	"	10—25	200	3 ½	直 接	气体 (烟道气)	76.0/90.1
13	"	>25	200—250	8	間接淬火	固体 (沙)	82.2
14	"	40—25	"	6	"	固体 (沙)	84.3/76.1
15	"	>40	150—200	4	間 接	黄土复盖	67.7/59.1
16	"	40—25	200—250	6	"	固体 (沙)	71.2/59.1
17	"	>40	150—200	8	"	黄土复盖	61.0
18	安 家 灘	>25	200—250	24	"	固体 (沙)	97.8
19	"	40—25	"	8	"	"	97.7
20	"	>25	250—300	8	間接淬火	"	97.1
21	"	40—25	200—250	18	間 接	"	95.1
22	"	"	"	8	間接淬火	"	93.1
23	"	"	200	4	直 接	气体 (烟道气)	91.3
24	"	"	"	3 ½	"	"	89.0
25	"	>40	"	4	"	"	91.6/77.0
26	"	40—25	"	3	"	"	89.2
27	"	"	"	2	"	"	87.0/79.5
28	"	"	"	3	"	"	86.0/75.8
29	"	"	"	2 ½	"	"	85.2/74.5

热 处 理 试 验 结 果

表 3

稳 定 性			机 械 强 度		备 注
耐 磨 性		热稳定性	>13公厘 %	<1公厘 %	
>13公厘 %	<1公厘 %				
77.4	6.4	42.4	94.2	2.8	
72.6	14.5	65.5	87.4	2.7	
73.7	7.1	22.8	96.4	0.7	
76.1/83.4	7.8	64.6	96.3	1.5	
76.1	13.5	60.5	88.0	3.7	
62.5	12.5	40.4	93.3	1.3	
86.7	3.0	81.0	94.2	2.5	
86.6	4.9	80.4	92.8	0.8	上下加焦炭作保温层
85.1	3.8	74.6	97.7	0.7	
86.5	4.5	74.9	92.8	0.2	
79.3	10.5	68.5	94.1	1.5	煤表面温度 170°C
84.2	5.4	33.9/75.7	96.2	1.4	
85.9	4.0	70.6	92.7	2.1	
83.0	5.1	39.9/65.2	—	—	煤表面温度 159°C
83.1	6.3	56.2/49.1	88.9	1.4	" 140°C
80.4/70.3	5.1/13.7	68.8	92.5	3.2	" 159°C
68.2/75.5	9.6/5.2	41.6/46.1	93.3	1.5	" 130°C
91.0	2.0	89.0	95.5	0.6	" 216°C
84.4	3.8	82.4	93.6	1.1	
86.1/92.9	3.1	83.6/90.1	93.6	0.7	
88.7	2.7	84.4	94.3	0.7	煤表面温度 181°C
84.5	3.6	78.6	—	—	
84.4	3.5	76.9	93.6	1.1	
86.8	3.0	77.3	98.9	0.5	
81.0	5.4	74.2/62.4	94.6	0.5	
87.9	2.9	79.4	96.7	0.8	上下加焦炭作保温层
84.8	4.8	73.7/67.4	88.1/95.9	1.4	"
78.1	5.0	67.1/59.2	95.7	0.7	
85.9	3.9	73.1/64.8	97.1	0.6	

编号	煤 种	粒 度 公厘	处理温度 °C	处理 时间 小时	处理方法	载 热 体	热
							耐爆性 >25公厘 %
30	安 家 滩	10—25	200	2	直 接	气体 (烟道气)	80.7
31	"	>40	"	2	"	"	77.6/67.3
32	"	40—25	200—250	4	間 接	固体 (沙)	79.4/63.3
33	"	40—25	200	4	直 接	气体 (烟道气)	86.9
34	"	"	140	3 1/2	"	"	39.8/54.4
35	"	"	170	"	"	"	76.9
36	"	"	125—140	"	"	"	53.2/61.2
37	"	"	105—130	6 1/4	"	"	94.2
38	"	"	200	3 1/2	"	"	96.6
39	"	"	200	1 1/2	"	"	78.5/70.5
40	房 山	"	150—200	4	間 接	固体 (沙)	89.7
41	"	"	200	3	直 接	气体 (烟道气)	90.2
42	"	"	200	2	"	"	80.0/93.7
43	"	"	200—250	2	"	"	96.0
44	"	"	120—130	4	"	烘 箱	87.6
45	"	"	110	2	"	"	88.0
46	城 子	"	150—200	4	間 接	固体 (沙)	94.5
47	"	"	200	3	直 接	气体 (烟道气)	96.7
48	"	"	"	2	"	"	96.5
49	"	"	150	2	"	"	90.8
50	"	"	200—250	2	"	"	81.1/91.3
51	"	"	120—130	4	"	烘 箱	92.7
52	大 安 山	"	高 温	—	—	—	95.1
53	"	"	200	4	"	气体 (烟道气)	93.8
54	"	"	200	3 1/2	"	"	82.3
55	"	"	120	6	"	烘 箱	91.1
56	"	"	130—150	3	"	"	80.1/65.5
57	"	"	高 温	2	"	气体 (烟道气)	63.1

續表 3

性 定 意			机 械 强 度		备 注
耐 磨 性		热 定 性	>13公厘 %	<1公厘 %	
>13公厘 %	<1公厘 %				
76.4	6.1	61.7	88.1	1.1	上下加焦炭作保温层
84.6	3.3	65.6/56.9	94.1	0.6	
80.7	3.5	64.1/51.1	97.2	0.3	
87.6	3.9	76.0	99.2	0.1	
75.2	6.5	33.7/40.8	90.1	0.8	
80.4	5.7	61.7	92.1	0.8	
84.5/76.3	6.2	44.9	97.5	0.7	
86.2	4.5	81.2	93.3	1.3	
90.9	2.6	87.8	94.7	0.2	
91.5/82.2	2.7/5.2	64.6	98.8	0.2	上下加焦炭作保温层
77.6	9.8	69.7	80.9	3.9	
76.9	10.6	69.3	87.1	2.5	
71.0/80.1	12.1	65.1	90.1	2.2	
75.3	13.8	72.3	89.5/95.3	2.0	
75.0	12.2	65.7	—	—	
71.7	10.9	70.0	—	—	
83.2	9.2	78.7	95.5	1.7	
81.3/86.7	9.1	78.6/83.8	94.4	1.1	
87.9	7.5	84.9	94.3	1.5	工厂处理
83.2	9.5	75.6	93.8	2.5	
77.9	12.5	70.3/79.1	96.8	1.0	
81.5	10.9	75.6	—	—	
70.8	7.4	67.4	83.3	2.2	
74.7	8.1	70.1	90.2	1.5	
71.5	9.8	50.9	88.4	1.1	
69.6/77.6	8.1	63.4/70.4	85.8	0.8	
65.8	11.3	52.8/43.2	81.7	1.3	
71.5	2.9	45.2	92.6	2.3	

結果可以达到92.7%以上，但耐磨性都有較大的差異，最明显的例子是安家滩煤块經過热处理以后耐磨性有显著提高，而房山煤块的耐磨性却变化得很小。图1是各种煤块热处理前后的耐爆性、耐磨性和热稳定性。

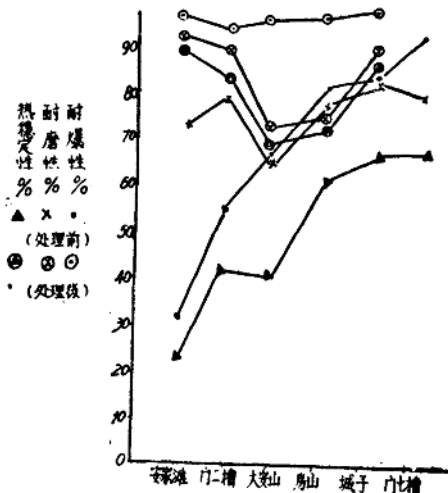


图 1

(处理后的情况取耐爆性最好的)

(3) 几种无烟煤块的有效热处理温度約在120°C以上，热处理的上限温度約为200°C。我們曾用沸水长期煮煤和在105°C及120°C的烘箱内进行长时间的烘烤，結果热稳定性均未见有改进；但当温度超过200°C时，无烟煤块在处理过程中就会有輕微的爆裂声，它可能損害煤的耐磨性。此外，用直接法热处理的时间不应少于3½小时。这一初步結

論与前面所述“在热处理过程中应保証于 100—120°C 及 400—600°C 或 520—600°C 的阶段均匀加热”的結論有所不同。这可能是京西无烟煤块的特点，但也有可能突破前人研究的結論，从而寻找出一个新的普遍规律，使无烟煤的爆裂原因获得进一步的闡述。为此，尙有必要进行更深入的理論探討。

(4) 对于同等的热处理效果，直接法加热比間接法加热可以大大地縮短時間。前者一般仅需 3 ½ 小时，后者則需 8 小时。
