

# 预热对混合煤粉爆炸性的影响

杜 钢, 应自伟

(东北大学材料与冶金学院, 辽宁 沈阳 110004)

**摘 要:**煤粉预热喷吹有利于减轻喷煤对热风的冷却效应、加速煤粉的燃烧过程而提高煤粉利用率。为此,探讨了煤粉预热喷吹对混合煤粉爆炸性的影响,以期强化喷煤燃烧提供一种新的有效工艺方法。

**关键词:**预热; 喷吹; 爆炸性

**中图分类号:** TF54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-9356(2007)06-0009-04

## Effect of Preheating on Explosiveness of Mixed Pulverized Coal

DU Gang, YING Zi-wei

(School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004, Liaoning, China)

**Abstract:** When the preheated pulverized coal is injected, its cooling effect on hot blast is alleviated and its combustion is accelerated, consequently its utilization ratio is increased. The effect of the preheated mixed pulverized coal on its explosiveness is discussed, and the aim is to provide a new effective technique for reinforcement combustion of the pulverized coal.

**Key words:** preheat; inject; explosiveness

以煤代焦已成为国际炼铁行业的发展趋势。研究和生产实践证明,高炉喷吹煤粉有望代替 30% 甚至更多的焦炭,降低生铁成本;同时,可富化高炉煤气、改善钢铁联合企业的能源供应、有效优化高炉生产,提高其经济效益。为此,应对各类煤种的燃烧爆炸特性进行系统研究<sup>[1~3]</sup>。

目前,国内各大高炉所喷吹的煤粉温度均为 80℃ 左右,如果利用高炉余热在炉外进行煤粉预热喷吹,那么不仅可节省部分煤粉在炉内所耗热量,有利于减轻喷煤对热风的冷却效应,加速煤粉的燃烧过程从而提高煤粉利用率,且可缓解热风炉的生产压力,充分利用能源,节省生产成本<sup>[4]</sup>。但是,煤粉预热喷吹会带来多方面的影响,本文以国内高炉喷煤工艺典型煤种(神府煤)为对象,从喷煤工艺安全的角度出发,对其与其它煤粉配合使用时的爆炸特性进行了实验测定和分析,主要探讨预热对混合煤粉爆炸性的影响,以期强化喷煤燃烧提供一种新的有效工艺方法。

## 1 实验用原料与方法

### 1.1 实验原料

实验喷吹用煤取自神府、阳泉、太西、永城。神府煤为烟煤,阳泉煤、太西煤和永城煤为无烟煤。用

球磨机磨制成粉,筛分后作为实验用样煤。实验喷吹煤粉的工业分析见表 1。

### 1.2 实验装置

采用长管式煤粉爆炸性能测定仪测定煤粉火焰长度,以此评价所选煤种的爆炸性。实验装置见图 1。

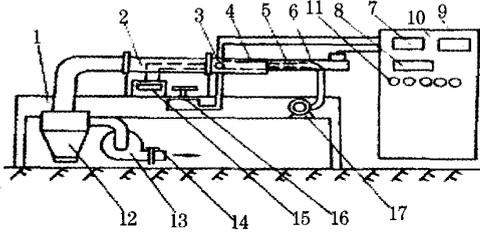
表 1 实验煤粉的工业分析

Table 1 Industrial analysis of pulverized coal used in experiment

分析项目	神府	阳泉	太西	永城
A <sub>d</sub> /%	4.92	9.70	7.68	10.09
V <sub>d</sub> /%	29.32	5.62	6.78	6.07
C <sub>g</sub> /%	56.99	82.69	83.27	81.44
水分/%	8.78	1.99	2.26	2.40

### 1.3 实验方法

测试前,对制备好的煤粉进行干燥处理。实验步骤为:①启动引爆火源的电源开关,空喷 3 次清理喷枪,打开抽风机抽尘 1 min 左右。②称取 1 g 干燥煤样,拉开喷枪杆将煤样装入喷枪管中,然后升温至设定温度,启动计算机进入摄录像画面。③当引爆火源温度稳定在 1050℃ 时,用鼠标点取,计算机开始摄录;按下喷煤按钮,煤粉喷出至引爆火源上,计算机停止摄录;喷吹结束,抽风机启动,抽走煤尘后



- 1—实验台;2—爆炸管(钢管做成);3—火源;
- 4—爆炸管(硬质玻璃管);5—光电测视板;6—试样管;
- 7—温度自控仪;8—返回火焰长度数字显示器;
- 9—电压表;10—控制柜;11—电钮;12—除尘器;
- 13—抽风机;14—阀门;15—备用温度计;
- 16—备用调压变压器;17—电磁打气筒

图 1 长管式煤粉爆炸性测定仪

Fig. 1 Long-tube test instrument for explosiveness of pulverized coal

停机。④将计算机进入回放画面,用慢动作观看喷吹、引爆全程和火焰长度来认定其爆炸性。⑤停机,切断电源,实验结束。

本文用火焰长度来定性地探讨煤粉爆炸性强弱以及与预热温度之间的关系。火焰长度可反映出煤粉爆炸性的强弱,被测煤粉被引爆形成的火焰长度大于 600 mm,可认定煤粉具有强爆炸性,400~600 mm 则煤粉具有中强度爆炸性,小于 400 mm 则煤粉具有弱爆炸性,若仅在火源处出现稀少火星或无火星的属于无爆炸性煤<sup>[5]</sup>。

## 2 实验结果与分析

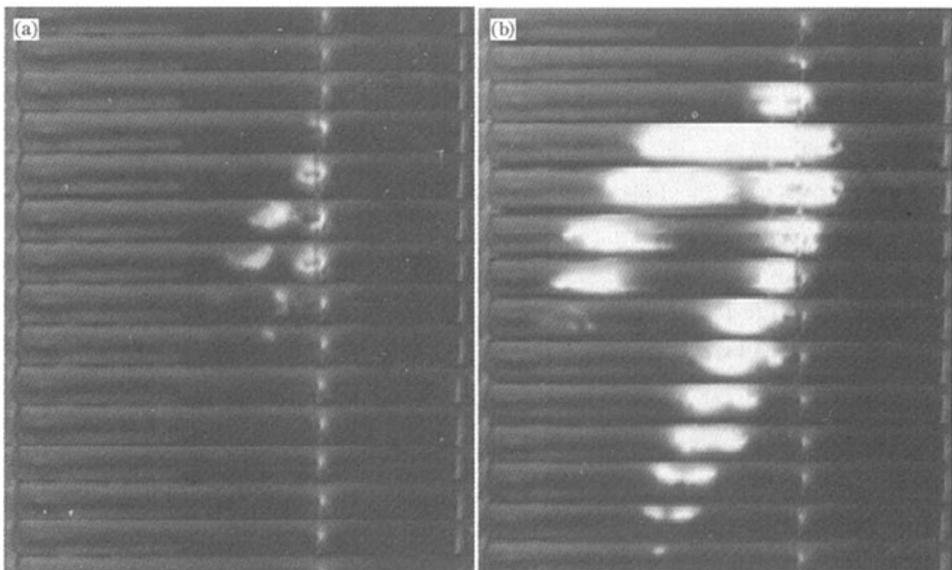
### 2.1 4 种单一煤粉的爆炸性

阳泉、太西、永城煤无论预热与否均未爆炸,神府煤在不预热时即爆炸且相当激烈。其原因是,无烟煤变质程度较深,为由外向内层层推进的层状燃烧,颗粒较大时其比表面积较小,燃烧率随粒径的增大反而降低。其燃烧机理由致密结构所决定,即使细磨使粒径全部小于 0.074 mm,与烟煤相比,燃烧率仍较低;而高挥发分烟煤是变质程度较低的煤,挥发分较高且受热后首先析出、燃烧,致使煤的着火时间提前,实际燃烧时间延长。高挥发分烟煤煤粒一旦进入高温环境且快速被加热,则有可能产生爆裂,出现自动细化现象,即煤粉燃烧时的动态粒径小于静态测试粒径。即使高挥发分烟煤磨煤时控制得粒径较粗,其燃烧率也维持在较高水平,因此在相同燃烧条件下其燃烧率明显高于无烟煤。

### 2.2 神府煤与太西煤混合的爆炸性

神府煤与太西煤以 1:1 混合不预热时无爆炸现象,而预热 300 °C 后仅在火源处出现短短的火焰,故这种混合煤属于无爆炸性煤。

神府煤与太西煤以 2:1 混合未预热时,在火源处出现较短的火苗,最长为 350 mm,属于弱爆炸性煤。但预热 300 °C 后出现的火焰最长为 1 000 mm,属于易燃强爆炸性煤(图 2)。可见,预热可增强这种混合煤的爆炸性。



(a) 未预热; (b) 预热 300 °C

图 2 神府+太西(2:1)混合煤粉的爆炸过程

Fig. 2 Explosion process for mixtures of Shenfu and Taixi pulverized coal (2:1)

### 2.3 神府煤与阳泉煤混合的爆炸性

由图 3 看出,神府煤与阳泉煤以 1 : 1 混合未预热时,仅在火源处出现零星的火星,属于无爆炸性煤;而在预热 300 °C 后火焰最长为 1130 mm,属于易燃强爆炸性煤。

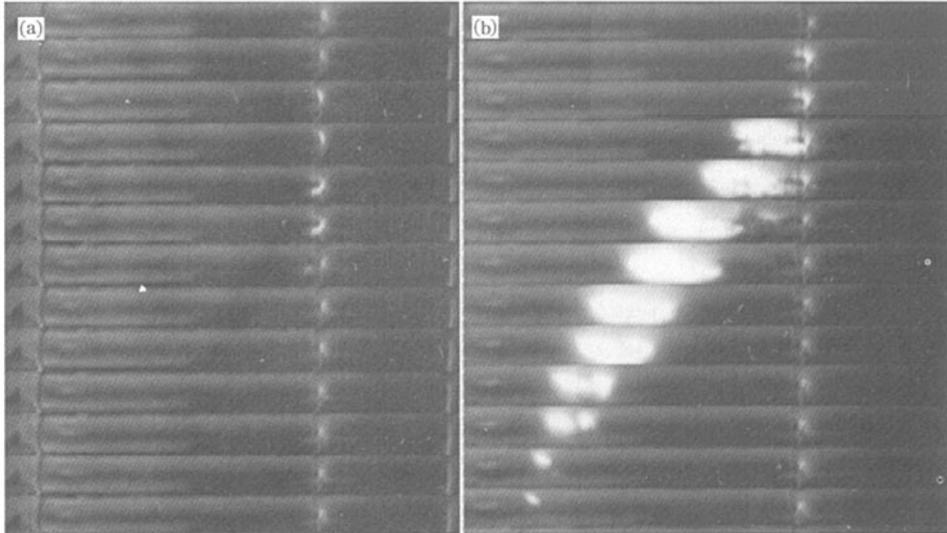
神府煤与阳泉煤以 2 : 1 混合未预热时,火焰最长为 970 mm,属于易燃强爆炸性煤;而在 300 °C 预热后火焰最长变为 1240 mm,爆炸性显著增强(图

4)。

### 2.4 神府煤与永成煤混合的爆炸性

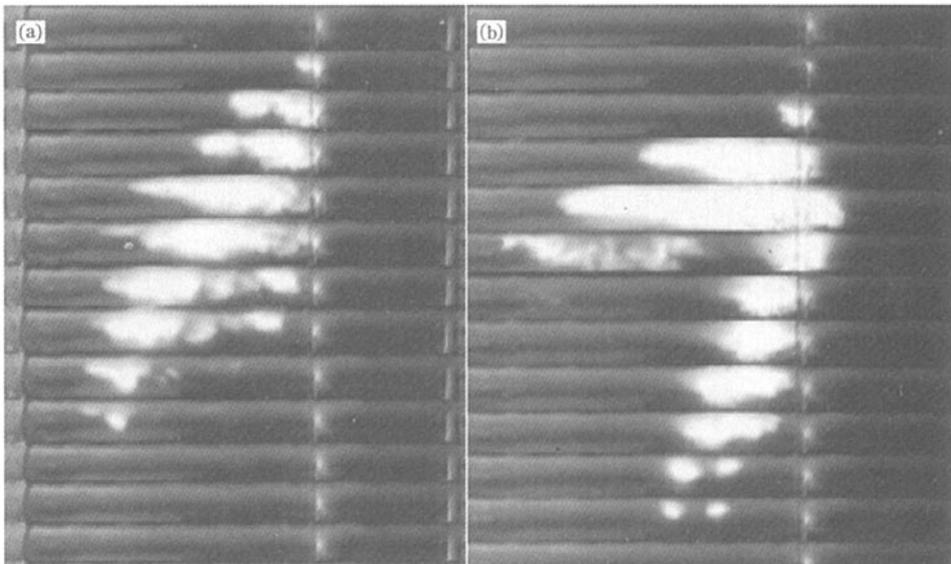
神府煤与永成煤以 1 : 1 混合,未预热和预热 300 °C 后均无火星出现,属于无爆炸性煤。

神府煤与永成煤以 2 : 1 混合不预热时,在火源处出现很短的火焰,最长为 360 mm,属于弱爆炸性煤;在预热 300 °C 后火焰最长变为 860 mm,属于易燃强爆炸性煤(图 5)。



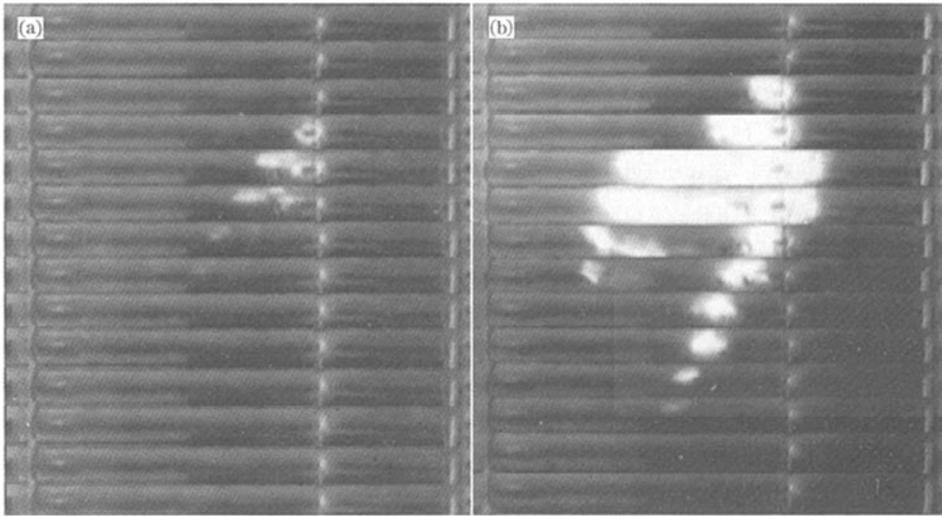
(a) 未预热; (b) 预热 300 °C  
图 3 神府+阳泉(1 : 1)的爆炸过程

Fig. 3 Explosion process for mixtures of Shenfu coal and Yangquan pulverized coal (1 : 1)



(a) 未预热; (b) 预热 300 °C  
图 4 神府+阳泉(2 : 1)的爆炸过程

Fig. 4 Explosion process for mixtures of Shenfu coal and Yangquan pulverized coal (2 : 1)



(a) 未预热; (b) 预热 300 ℃

图 5 神府十永成(2:1)的爆炸过程

Fig. 5 Explosion process for mixtures of Shenfu coal and Yongcheng coal (2:1)

### 3 结论

(1) 未预热时烟煤的爆炸性强于无烟煤。

(2) 神府煤分别与太西煤、永城煤以 1:1 混合,无论预热与否,都属于无爆炸性煤;与阳泉煤以 1:1 混合,未预热时属于无爆炸性煤,预热 300 ℃ 后爆炸性显著增强。

(3) 神府煤分别与太西煤、永城煤以 2:1 混合,未预热时属于无爆炸性煤,预热 300 ℃ 后爆炸性普遍增强;与阳泉煤以 2:1 混合,无论预热与否都属于强爆炸性煤,只是预热后爆炸性更强。

### 参考文献:

- [1] Yan Wie, Gu Fei. Experimental Study on Explosive Properties of Bituminous Coal Powder For Blast Furnace Injection[J]. Kang Tieh/Iron and Steel (Peking), 1981, 16(2):7-12.
- [2] 贾军萍,朱耀平,周自本. 煤粉尘爆炸特性和煤自然倾向性的定量分析[J]. 吉林电力,2003,168(5):17-21.
- [3] 浦以康,胡俊,贾复. 高炉喷吹用烟煤煤粉爆炸特性的实验研究[J]. 爆炸与冲击,2000,20(4):303-312.
- [4] 韩才元,袁建伟,徐明厚. 火焰稳定和有限空间内煤粉预热[J]. 燃烧科学与技术,1995,1(1):27-33.
- [5] 金龙哲,金岩辉,张俊燕,等. 高炉喷吹用潞安贫瘦煤爆炸下限与火焰长度的试验研究[J]. 中国安全科学学报,2005,15(11):61-64.

# 预热对混合煤粉爆炸性的影响

作者: [杜钢](#), [应自伟](#), [DU Gang](#), [YING Zi-wei](#)  
 作者单位: [东北大学材料与冶金学院, 辽宁, 沈阳, 110004](#)  
 刊名: [中国冶金](#)  
 英文刊名: [CHINA METALLURGY](#)  
 年, 卷(期): 2007, 17(6)  
 被引用次数: 0次

## 参考文献(5条)

1. [Yan Wie, Gu Fei](#) Experimental Study on Explosive Properties of Bituminous Coal Powder For Blast Furnace Injection 1981(02)
2. [贾军萍, 朱耀平, 周自本](#) 煤粉尘爆炸特性和煤自燃倾向性的定量分析[期刊论文]-[吉林电力](#) 2003(05)
3. [浦以康, 胡俊, 贾复](#) 高炉喷吹用烟煤煤粉爆炸特性的实验研究[期刊论文]-[爆炸与冲击](#) 2000(04)
4. [韩才元, 袁建伟, 徐明厚](#) 火焰稳定和有限空间内煤粉预热 1995(01)
5. [金龙哲, 金岩辉, 张俊燕](#) 高炉喷吹用潞安贫瘦煤爆炸下限与火焰长度的试验研究[期刊论文]-[中国安全科学学报](#) 2005(11)

## 相似文献(10条)

1. 会议论文 [刘仁生](#) 高炉喷吹煤粉预热对其燃烧性能的影响 2008  
 煤粉预热喷吹有利于减轻喷煤对热风的冷却效应、加速煤粉的燃烧过程而提高煤粉利用率。通过对潞安煤制成的喷吹煤粉样在不同预热温度下燃烧率测定, 研究煤粉预热对其燃烧性影响规律。实验结果表明: 预热可以提高煤粉的燃烧率, 并且随着预热温度的提高燃烧率不断升高。
2. 期刊论文 [刘仁生, 曹晨忠, 赵兵, 房连增, 湛燕](#) 预热对典型喷吹煤种燃烧性和反应性的影响 -[煤质技术](#)2010, ""(2)  
 通过对府谷长焰煤、大同不黏煤、潞安贫煤、高平无烟煤在不同预热温度下燃烧率、反应性的测定, 探讨预热温度对不同煤种燃烧性以及反应性的影响规律。实验结果表明, 预热使四种煤的燃烧性和反应性大体上呈增强趋势, 其中以潞安煤的增强趋势最为明显。预热对高变质程度煤的影响要显著于低变质程度煤。
3. 学位论文 [苏展](#) 高炉喷吹预热煤粉的研究 2005  
 高炉喷吹煤粉工艺可以降低焦比、合理利用煤炭资源、减少环境污染、降低生产成本等作用。然而随着煤粉喷吹量的增加, 煤粉由于加热和裂解而消耗的热量也随之增加, 致使冶炼过程中应补偿的风温加大, 从而加大热风炉的生产压力, 以至于增加了生产成本。因此, 完善喷煤技术、改进喷煤技术细节便成为广大炼铁工作者的努力方向。  
 本文提出喷吹预热煤粉的新工艺, 在分析煤粉燃烧理论的基础上, 对煤粉预热后性能上发生的变化进行理论探讨, 分析预热处理对于煤粉燃烧产生的影响, 并作出相关实验加以研究。研究结果表明:
  1. 煤粉预热温度低于燃烧点时, 其物理形态未发生较大变化, 未出现明显的体积膨胀、软化、聚团等现象, 煤粉的预热处理不会影响煤粉的输送。当煤粉温度超过燃烧点燃烧时, 随着燃烧量的增加, 煤粉的颜色由黑变白, 灰分逐渐增多, 出现了体积收缩、聚合成团的现象; 烟煤的燃烧速度明显高于无烟煤。
  2. 在煤粉种类和加热方式的选取上, 认为选取无烟煤更便于生产, 快速加热方式比慢速加热方式更有效、更合理。
  3. 煤粉的预热处理手段对高炉冶炼会产生较大影响, 主要表现为提高高炉物理热, 提高风温, 降低生产成本, 具有明显的经济效益和使用价值。
4. 期刊论文 [高少华, Gao Shao Hua](#) 高炉喷煤技术的新进展 -[中国钢铁业](#)2006, ""(9)  
 巴西Escola de Minas-UFOP公司开发了一种类似于高炉风口的实验装置, 采用三种煤粉混合喷吹并在喷吹前对煤粉进行预热的方式, 在实验装置上进行了反复试验。根据试验结果, 得出了如下结论: 目前在业界尚未广泛采用的在喷吹前对煤粉进行预热, 以及三种煤混合喷吹的工艺对提高煤粉燃烧率, 从而优化喷煤技术是可行的。
5. 会议论文 [史美伦, 马智明](#) 安钢100吨超高功率竖炉式电炉技术特点 1998  
 该文主要介绍安钢集团公司100吨超高功率带指形装置的竖炉式电炉的工艺设计思想和技术特点。
6. 期刊论文 [曹晨忠](#) 预热对高炉喷吹煤粉输送性能的影响 -[煤](#)2010, 19(5)  
 按照日本工业标准, 采用粉体综合特性测试仪, 对舞钢中加钢铁公司和长治钢铁公司使用的高炉喷吹煤粉进行预热前后输送性能测试, 结果发现, 高炉喷吹煤粉经预热后, 煤粉的流动性基本没有变化, 但是喷流性明显变好。
7. 期刊论文 [刘仁生, 赵兵, 房连增, 湛燕, LIU Ren-sheng, ZHAO Bing, FANG Lian-zeng, ZHAN Yan](#) 预热对潞安常村高炉喷吹煤燃烧性和反应性的影响 -[煤炭工程](#)2009, ""(10)  
 通过对潞安常村喷吹煤在不同预热温度下燃烧性和反应性的测定, 研究预热温度对煤粉燃烧性和反应性的影响规律。实验结果表明: 预热可以提高煤粉的燃烧率, 增强煤粉与CO<sub>2</sub>的反应能力, 并且随着预热温度的提高, 燃烧率不断增大, 反应性不断加强。
8. 学位论文 [朱峰](#) 提高高炉喷吹系统制粉能力的研究 2004  
 高炉喷吹煤粉工艺, 作为有效地降低生铁成本、提高经济效益和大幅度地降低焦比、解决焦炉老化和环境污染问题的重要措施之一, 日益受到人们的重视。针对煤粉喷吹原料的改变导致磨煤机出力大幅度下降的问题, 本文从改善煤可磨性和放宽出煤粒度要求两个方面进行了研究, 力图为提高现有设备的制粉能力提供参考依据。  
 为了改善煤可磨性, 研究了水分、干燥介质及预处理方式对煤可磨性的影响。结果表明: NX煤可磨性指数好于MK煤。水分对MK煤的可磨性指数有影响, 对NX煤影响不大。干燥处理能提高MK煤可磨性, 而对NX煤则没有效果。添加干燥介质对提高原煤可磨性指数有一定效果。煤粉烘干处理并添加干燥介质对提高可磨性指数的效果不明显。

对辊预处理效果好于高压预处理。对辊预处理后哈氏可磨性指数有较大提高，高压预处理对提高煤的哈氏可磨性指数效果不明显，但随着处理压力提高，可磨性指数逐渐提高。磨煤机出力估算结果表明，对辊预处理后，MK煤总出力提高12.68%，NX煤提高9.18%；当高压处理压力为25.5MPa时，MK煤总出力提高为6.18%。

为放宽出煤粒度，研究了粒度、煤种及煤粉预热对煤燃烧率的影响。结果表明：煤粉粒度减小，煤粉燃烧效果明显提高，但粒度对煤粉燃烧率的影响大小与煤种有关。当煤粉中-200目比例从50%降至30%时，燃烧率下降幅度不大，因此可适当放宽粒度。K煤粉的燃烧效果稍好于NX煤。混煤有助于提高煤粉燃烧率。

煤粉预热对增加燃烧率效果明显，随着预热温度的增加，煤粉燃烧率提高。粒度-200目为50%、预热温度为150℃时，燃烧率比未预热时提高了约12%，比粒度-200目为70%、未预热条件下还高，可以认为，采取该措施可有效提高煤粉燃烧率，放宽高炉喷煤对煤粉粒度的要求。

#### 9. 期刊论文 [Karl Langner, 孙永方 蒂森克虏伯公司高炉的喷煤操作 - 鞍钢技术2006, "" \(2\)](#)

在高炉炼铁工艺中, 喷吹煤粉是普遍采用的措施. 氧-煤喷吹技术在前面已经介绍过. 对气相输煤条件进行改进后, 在煤枪的前端便可依靠煤粉的自然热直接进行氧化反应. 蒂森克虏伯钢铁公司的所有高炉已全部采用了这种工艺, 在保证高炉高利用系数的条件下, 达到了焦比300kg/t、煤比175kg/t的水平. 为促进氧化反应, 煤粉在进入风口之前进行了预热, 2000年Schwelgern公司1号高炉第20~40号风口的煤粉喷吹采用了这种煤粉预热技术, 其余的20个风口的煤粉喷吹于2004年底也采用了该技术.

#### 10. 期刊论文 [高艳宏, 梁中渝, 边凌霄, GAO Yan-hong, LIANG Zhong-yu, BIAN Ling-tao 喷吹预热煤粉对高炉能量影响的计算分析 - 工业炉2010, 32 \(3\)](#)

利用计算机模拟高炉喷吹预热煤粉对能量等相关指标的影响, 分析了煤粉预热后高炉热量、理论燃烧温度、热补偿、焦比等指标的变化情况. 结果显示: 利用热风炉废气预热煤粉后, 可以降低焦比, 提高理论燃烧温度, 有效替代热风、富氧所提供的部分热量, 起到节能增效的作用.

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgyj200706003.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgyj200706003.aspx)

下载时间: 2010年9月12日