



## 高炉喷吹贫煤、贫瘦煤的安全行为研究及其应用

安全监管总局政府网站

2007/04/25 16:29

稿件来源：安全监管总局规划科技司

【字号 [大](#) [中](#) [小](#)】

【[打印本页](#)】

[关闭窗口](#)

**重点推广项目编号：AQT-3-07**

**主要完成单位：**潞安矿业（集团）有限责任公司、北京科技大学

**立项背景：**

高炉喷吹煤粉是从高炉风口向炉内直接喷吹磨细了的无烟煤粉或烟煤粉，或二者的混合煤粉，以替代煤炭起提供热量和还原剂的作用，是降低焦比最有效的措施之一，这是现代高炉冶炼的一次重大技术突破。研究和生产实践证明，高炉喷吹辅助燃料可望代替30%甚至更多的焦炭，降低生铁成本，同时富化高炉煤气，改善钢铁联合企业的能源供应，能有效的优化高炉生产，提高其经济效益。

国内高炉喷吹煤种在很长时期内主要以无烟煤为主。由于我国高炉喷吹主要用煤一无烟煤资源有限，造成无烟煤价格过高，无烟煤不能满足高炉喷煤技术及现实发展的需要。而高挥发分烟煤，由于喷吹时煤粉燃烧温度过高、氧气浓度大，导致在高炉和喷吹站等作业地点存在着发生煤粉爆炸的危险，这不仅严重影响高炉的安全生产，同时也限制了一些煤种作为喷吹用煤的推广应用，因此，各高炉通常要在分析煤质安全特性的同时，进行其安全行为的研究与测试，并采取一些安全防护措施，防止煤粉爆炸等事故的发生。贫煤、贫瘦煤被越来越多的机构重视开发成为高炉喷吹煤。但贫煤、贫瘦煤与无烟煤相比，具有挥发分较无烟煤高，其安全行为尚未进行系统研究、分析与试验等问题。因此，系统研究贫煤、贫瘦煤的安全行为，解决高炉喷吹贫煤、贫瘦煤过程中整个喷吹系统的安全问题，必将促进高炉炼铁技术的发展，节省炼铁成本，减少环境污染。

目前，国内外对于无烟煤和烟煤的安全性已有研究，但对贫煤、贫瘦煤的安全行为的研究尚未见报道。而我国贫煤、贫瘦煤的储量非常丰富，可选择性好，能够保证高炉长期喷煤的需求，尤其是贫煤、贫瘦煤的价格相对较低，能有效的降低高炉炼铁成本。

该项目通过对贫煤、贫瘦煤的安全行为问题进行全面系统的分析和研究，为贫煤、贫瘦煤的应用提供了坚实的理论基础；通过相应的实验室试验和现场试验，解决了贫煤、贫瘦煤高炉喷吹安全这一瓶颈问题，为国内外高炉推广应用贫煤、贫瘦煤提供了有力的技术支持。因此，该项目研究对我国钢铁工业和煤炭工业的发展具有十分重大意义，其成果具有创新性和广泛的推广应用前景。

**项目内容：**

### 1. 煤粉爆炸机理及其影响因素的分析

煤粉爆炸机理及其影响因素的研究有助于科学系统的测定爆炸参数，并进行理论分析研究，对防燃防爆措施的建立具有理论指导意义。该项目研究了煤粉爆炸机理，并分析了稳定燃烧转化为爆炸的前提条件。对挥发分、氧浓度、煤粉浓度等影响爆炸性的因素进行了深入的研究，提出了反应速度与各因素之间的数量关系，建立了贫煤、贫瘦煤在高炉中的燃烧模型。

### 2. 爆炸参数的测定与分析

该项目在对国内外相关试验进行分析与研究的基础上，对煤粉爆炸性的各项参数指标进行了较详尽研究与测定，参照爆炸分级指标，对国内几种具有代表性的贫煤、贫瘦煤的爆炸性进行了科学的定位。具体研究成果有：

(1) 煤粉最低着火温度的试验研究。根据爆炸敏感度分级情况，几种贫瘦煤属于易燃性煤种，在高炉喷吹时应该进行一定的防护工作。最低着火温度都随煤粉浓度增加而降低，变化幅度逐渐减小；对同种煤种而言，在其他条件相同的情况下，粒度的减小就会使煤粉的表面积增加，提高反应的活性，可以使煤粉的最低着火温度降

低；随着喷吹压力的升高，煤粉的喷吹速度增加，通过炉膛时加热的时间缩短，煤粉的最低着火温度随压力的升高而升高。

(2) 最大爆炸压力、最大爆炸压力上升速率的试验研究。根据爆炸指数分级情况，几种贫瘦煤都属于弱爆炸性煤，爆炸强度较弱。最大爆炸压力以及压力上升速率都随煤粉浓度的增加先增大后缓慢减小，存在一个浓度  $C_m$  使煤尘的爆炸压力和压力上升速率最大。

(3) 煤粉爆炸下限的试验研究。当煤粉浓度低于爆炸下限，煤粉燃烧放出的热不足，燃烧不能进行，可以防止爆炸。四种贫瘦煤的爆炸下限 都在  $60 \sim 85 \text{g/m}^3$  之间。

(4) 煤粉最小点火能的试验研究。在本次试验所选择的爆炸判据的前提下，四种煤样的最小点火能都超出了本试验设备所提供的最大能量，因此只能以此作为其最小点火能的参考依据，十次点火能的平均值为  $1399.388286 \text{mJ}$ ，说明几种贫瘦煤的最小点火能大于这个值。

(5) 返回火焰长度的试验研究。返回火焰长度反应煤粉爆炸性的强弱，一般认为，被测煤粉引爆形成的返回火焰长度大雨  $600 \text{mm}$  就可以认定煤粉具有强爆炸性，在  $400 \sim 600 \text{mm}$  之间则煤粉具有中强度爆炸性，小于  $400 \text{mm}$  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。几种贫瘦煤返回火焰长度都远远小于  $400 \text{mm}$ ，所以都属于弱爆炸性煤。

### 3. 贫瘦煤用于高炉喷吹的工业性试验研究

该项目将考察选取的煤样进行了显微结构分析和工业成分分析，在此基础上进行了不同贫瘦煤配比混煤的哈氏可磨性试验、不同配比混合煤粉的爆炸性试验、不同配比混合煤粉的最低着火温度试验等。通过考察喷吹贫瘦煤过程中的工况、主要的技术指标以及经济效益的计算与分析，可以得出贫瘦煤适用于高炉喷吹，是一种优良的煤种

(1) 从煤质分析可以看出潞安贫瘦煤和鹤壁贫瘦煤都是低挥发分、低灰分、低硫的优质贫瘦煤，焦作无烟煤是一种低灰分、低硫的无烟煤，将此两种煤粉混合喷吹是可行的。

(2) 随着贫瘦煤在混煤比例中的增加，可磨性逐渐变好，在贫瘦煤不同的配比时，各种贫瘦煤对混合煤的可磨性的提高能力是不一样的。

(3) 焦作无烟煤无爆炸性，潞安常村贫煤、漳村贫瘦煤、鹤壁四矿贫瘦煤、鹤壁六矿贫瘦煤都为弱爆炸性的贫瘦煤。随着贫瘦煤配比的增加混合煤的爆炸性逐渐有所升高，若贫瘦煤的混合比例不超过  $40\%$ ，其混合煤在制粉和喷吹过程中是不会出现爆炸性的。

(4) 以最低着火温度为  $393^\circ\text{C}$  的焦作无烟煤为基础，随着贫瘦煤的配比增加，最低着火温度逐渐降低。

(5) 混煤喷吹有利于提高球磨机的生产能力，降低制粉能耗，此次试验在严格限制球磨机产量的情况下，球磨机台时产量最高增加了  $15\%$ ，在正常生产情况下，当贫瘦煤混合比为  $30\%$  时，球磨机产量可提高  $20\% \sim 30\%$ ；混煤粉在喷吹过程中性能优良，说明该混合煤粉具有较好的流动性；混煤喷吹有利于提高喷煤量，降低焦比，提高置换比， $4^\#$  高炉和  $5^\#$  高炉焦比分别下降了  $17.23 \text{kg/tFe}$  和  $8.44 \text{kg/tFe}$ ，喷煤置换比分别提高了  $5\%$  和  $7\%$ ；通过计算，混煤喷吹给炼铁厂创造的经济效益为  $2752.42$  万元/年。

(6) 鄂钢工业试验表明单喷吹潞安贫瘦煤比单喷吹无烟煤、喷混合煤两种方式的喷吹效果更为显著，经济上更为合理。

(7) 天铁工业试验表明从  $1999$  年开始全厂  $5$  座高炉喷吹潞安贫瘦煤开始，天铁高炉喷煤总量为  $40$  万  $\text{t/a}$ ，按照喷吹潞安贫瘦煤的技术指标，每年可以节约焦炭  $32$  万  $\text{t/a}$ ，每吨铁可以创造直接经济效益  $22.7$  元，年效益  $908$  万元。

### 4. 高炉喷吹系统安全监控系统的设计

通过运用预先危险性分析和事故树分析两种方法对喷煤系统的制粉、喷吹工艺进行了安全性评价，并结合实际工艺状况制定所需监测的参数，通过计算机程序模拟高炉喷煤各参数变化。

(1) 自行设定报警参数，使监测系统具备自动报警功能，计算机根据设定的报警参数自行判断流程中的各监测点是否处于危险状态，当处于警戒状态时自动执行报警操作。

(2) 实现喷吹系统自动控制。根据设定好的报警条件及相应的处理措施，由计算机自动执行报警和安全控制操作。

(3) 实现数据的自动保存。根据设定条件，计算机自动监控数据进行保存，并在发生事故时自动记录事故的具体时间及造成事故的具体原因。

(4)增加了系统保密性控制。只有相关技术人员可以操作控制监控系统并保存查询数据记录，确保了数据的安全性和保密性。

#### 创新点：

1、煤粉爆炸机理及其影响因素的研究有助于科学系统的测定爆炸行为参数；所进行的理论分析对高炉喷煤防爆措施的建立具有重要的理论指导意义。

2、建立了高炉喷吹贫煤、贫瘦煤风口回旋区燃烧与爆炸数学模型；系统地分析了煤比、富氧、风温等喷煤工艺因素对贫煤、贫瘦煤燃烧及爆炸的影响。

3、对煤粉爆炸行为各项参数指标进行了较详尽的研究与测定，参照爆炸分级标准，对贫煤、贫瘦煤的爆炸性进行了科学的定位。

4、通过对高炉喷吹贫煤、贫瘦煤安全行为的系统研究与现场工业试验发现：从安全喷吹角度考虑，大部分贫煤、贫瘦煤具有弱爆炸性，只要符合喷煤工艺中其它运行指标的要求，均可实现混喷或单喷。

5、潞安矿业公司生产的贫煤、贫瘦煤具有爆炸性弱、灰分低（<10%）、硫含量低（<1%）、可磨性好（哈氏可磨性指数>70）、燃烧性能好、输送性能好、发热值高、胶质层薄等高炉喷吹所需的各项优良品质，是高炉喷吹的优质煤源。

6、编制的贫煤、贫瘦煤喷吹系统安全监控系统，为钢铁企业提供了安全、便利的操作平台。

#### 应用情况：

2002年潞安矿业集团公司喷吹煤生产销售96.6万吨，创经济效益5557万元；2003年喷吹生产销售164.2万吨，创经济效益12766万元；2004年喷吹生产销售239.55万吨，创造经济效益32553万元。贫煤、贫瘦煤具有明显的煤炭资源优势、品种优势和洗选优势。山西省襄垣煤矿所采煤层为三号煤，2004年对矿井和洗煤厂进行了技术改造，生产喷吹煤产品42万吨，使低价值的煤变成高价值的煤，具有广泛的推广应用价值。山西省屯留县郭庄煤矿2004年以前只生产混煤，2003年起对高炉喷吹煤的研究开发作了大量的工作，对矿井和洗选设备进行了改造，生产贫煤、贫瘦煤40万吨，创造效益4200万元。生产贫煤、贫瘦煤是企业产业结构优化的最好选择，是将低价值煤变成高价值的煤的最好措施。

从“武钢集团炼铁厂”的应用情况看：2002年，武钢4号、5号高炉在采用贫煤、贫瘦煤与无烟煤混喷过程中，改善了单一煤种的燃烧性，球磨机产量提高了20%~30%，喷煤量由原来的120kg/tFe增加到了150kg/tFe以上。喷煤置换比平均提高了6%，焦比平均下降了12.5%，取得了良好的经济效益。2003年，武钢用贫煤、贫瘦煤25万吨，2004年将喷吹量提高到160kg/tFe—180kg/tFe以上。由此可节约11万吨焦炭，给企业带来了可观的经济效益和社会效益。天津铁厂共有5座高炉，总容积为2600m<sup>3</sup>，从1999年开始开始全部喷吹山西潞安贫煤、贫瘦煤，通过实践证明，潞安贫煤、贫瘦煤属于弱爆炸性、低灰特低硫、燃烧率高，灰熔点高，置换比高及可磨性好等特点。2002年以来，取得的经济技术指标如下：热风平均富氧1%-8%，平均煤比140kg/tFe-200kg/tFe；置换比为0.8-0.9；高炉日利用系数达到2.5，使用效果令人满意。2005年节约焦炭32万吨，年效益947万元。因此，喷吹贫瘦煤可以取得显著的经济效益，同时还可以提高钢铁质量、减少污染。首钢股份公司是全国特大型企业，高炉总容量10000立方米，喷煤比141kg/tFe，在高炉喷吹作业中，对单喷贫煤、贫瘦煤、单喷无烟煤、喷混合煤等方式的喷吹效果进行了对比试验与分析，结果表明，单喷贫煤、贫瘦煤比其他两种方式效果更为显著，经济上更为合理，是一种理想的高炉喷吹用煤。2003年迄今，从应用贫煤、贫瘦煤的情况看各项经济技术指标完全满足高炉喷吹的要求，目前年生产需要贫煤、贫瘦煤25万吨。从2003年开始，鄂钢高炉全部采用贫煤、贫瘦煤喷吹，取得了良好的经济效益。

#### 相关链接

责任编辑：周秀玲

关闭窗口

主办单位：国家安全生产监督管理总局 国家煤矿安全监察局 查询电话：(010)64463366 事故举报电话 010-64294453

承办单位：国家安全生产监督管理总局通信信息中心 网站值班电话：(010)64463685 010-64237232

协办单位：国家安全生产监督管理总局调度统计司 中国安全生产报社 中国煤炭报社 网站管理员邮箱:wzbj@chinasafety.gov.cn

京 ICP备05071369号