

Study on the Minas Pellet Feed of Brazil in Baosteel

Lijuan Yan¹, Shengli Wu²

¹Manufacturing Management Department of Baosteel, Shanghai

²School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing

Email: yanlijuan@baosteel.com

Received: Dec. 2nd, 2017; accepted: Dec. 18th, 2017; published: Dec. 25th, 2017

Abstract

In this paper, by means of x-ray diffraction, scanning electron microscope, mineral phase microscope and micro-sintering, the performance of the Minas pellet feed was studied. On this basis, the sintering pot test and industrial test were carried out. The results show that the Minas pellet feed can meet the needs of Baosteel in a certain extent.

Keywords

Pellet Feed, Productivity, Strength of Sinter

巴西米纳斯精粉在宝钢的试验研究

阎丽娟¹, 吴胜利²

¹宝山钢铁股份有限公司制造管理部, 上海

²北京科技大学, 冶金与生态工程学院, 北京

Email: yanlijuan@baosteel.com

收稿日期: 2017年12月2日; 录用日期: 2017年12月18日; 发布日期: 2017年12月25日

摘要

本文通过采用X射线衍射、扫描电子显微镜和矿相显微镜以及微型烧结等方法对巴西米纳斯精粉矿的试验研究, 了解该种精粉矿的性能, 在此基础上进行了烧结杯试验和工业试验, 试验结果表明: 米纳斯精粉在一定的使用比例范围内可满足宝钢生产使用。

关键词

精粉矿, 生产率, 烧结矿强度

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

近年来, 随着对铁矿石需求的持续增加, 世界铁矿石的年生产能力也随之有较大幅度增加, 超过 27 亿吨, 2016 年铁矿石的海运贸易量在 14.4 亿吨。在世界铁矿石市场上, 巴西和澳大利亚为主要的两大出口国, 不断进行扩产, 随着产量的增加, 原有矿山高品位资源逐渐减少甚至枯竭, 取而代之的新矿山铁矿石质量均有所下降。因此, 寻找其他矿石资源作为补充。英美资源公司于 2014 年底投产的位于巴西米纳斯吉拉斯州 Minas-Rio 铁矿项目出产的米纳斯精粉具有品位较高、低 SiO_2 、 Al_2O_3 和低 P 的特点[1]。为此, 对巴西米纳斯精粉进行了试验室试验和工业试验。

2. 米纳斯精粉的基础性能

2.1. 米纳斯精粉的理化性能

将米纳斯精粉与目前使用的部分巴西和澳大利亚几种粉矿进行了比较。从主要化学成份来看, 米纳斯精粉品位较高, SiO_2 略高于巴西北部卡拉加斯粉矿外低于其它粉矿, 其 Al_2O_3 、磷和烧损均很低。米纳斯精粉粒度组成细, 小于 0.25 mm 部分在 99% 以上。详细情况如表 1 和表 2 所示。

2.2. 米纳斯精粉的矿物组成和显微结构

从图 1 米纳斯精粉 X 射线衍射图谱看, 铁精粉中赤铁矿的衍射峰数量多且峰值高, 说明该矿的含铁矿物主要是赤铁矿。就脉石矿物而言, 其不仅含有石英的衍射峰, 同时还含有较多三水铝石的衍射峰, 其脉石矿物主要以石英和三水铝石形式赋存。

根据表 3 中各能谱点的化学成分, 并结合米纳斯精粉 X 射线衍射图谱分析结果可知, 灰色区域[能谱点 1]为含铁矿物与脉石矿物共生区域, 该区域的含铁矿物主要为赤铁矿, 同时与石英和三水铝石等脉石矿物共生; 灰白色区域[能谱点 2]的矿物为赤铁矿, 该区域赤铁矿晶形规则, 多为方形或条形。此外, 从图 2 中可以看出, 整体而言, 米纳斯精粉结构较为致密, 且其含铁矿物分别以单独富集和与脉石矿物共生的形式存在, 而其脉石矿物以与含铁矿物共生形式存在, 不存在 Si、Al 单独富集的区域存在。

采用扫描电镜观察米纳斯精粉微观形貌如图 3, 其颗粒呈现条形片状, 表面比较光滑, 粗糙度较低, 棱角分明。

2.3. 米纳斯精粉的成球性

米纳斯精粉全粒级中小于 0.25 mm 粒级占比例大于 99%, 在烧结混匀矿中配加一定比例后, 将导致烧结混合料的粘附粉比例大幅升高, 可能导致烧结料层透气性恶化, 最终影响烧结产质量。首先测定了米纳斯精粉及混匀矿细粉的成球性指数, 如表 4, 米纳斯精粉的成球性指数高于混匀矿细粉。在此基础上进一步研究混匀矿细粉中配加不同比例的米纳斯精粉时其成球性的影响规律。如图 4, 随着其在混

Table 1. Comparison of main compositions between Minas pellet feed and Brazilian and Australian fine
表 1. 米纳斯精粉与巴西和澳大利亚粉矿主要成份比较(%)

品名	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	LOI
卡拉加斯粉	65.79	1.74	1.37	0.059	2.2
杨迪粉	58.28	4.35	1.53	0.053	10.5
皮尔巴拉粉	61.28	3.74	2.38	0.095	5.5
米纳斯精粉	66.89	2.74	0.54	0.030	0.52

Table 2. Comparison of size distribution between Minas pellet feed and Brazilian and Australian fine
表 2. 米纳斯精粉与巴西和澳大利亚粉矿粒度组成比较(%)

品名	核颗粒(>1 mm)	中间颗粒(0.25~1 mm)	粘附粉(<0.25 mm)	MS
	%	%	%	mm
卡拉加斯粉	53.4	24.1	22.5	2.8
杨迪粉	66.1	22.0	11.9	3.6
皮尔巴拉粉	60.3	23.3	16.4	2.7
米纳斯精粉	0.3	0.5	99.2	0.04

Table 3. Element content of each energy spectrum point in the phase structure of Minas pellet feed
表 3. 米纳斯精粉矿相结构中各能谱点的元素含量(%)

能谱点	Fe	O	Si	Al
1	57.04	41.46	0.52	0.98
2	68.75	31.25	---	---

Table 4. Minas pellet feed and blend Granulating index
表 4. 米纳斯精粉矿与混匀矿成球指数

	米纳斯精粉	混匀矿 ^a
成球指数	0.156	0.145

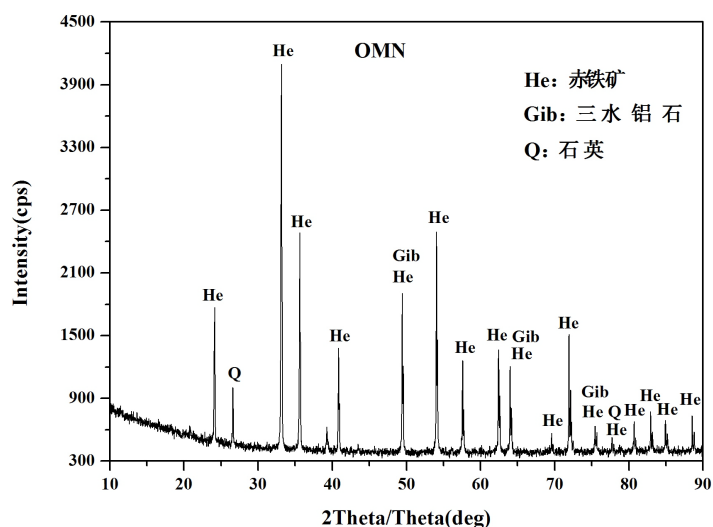


Figure 1. X-ray diffraction atlas analysis of Minas pellet feed
图 1. 米纳斯精粉 X 射线衍射图谱

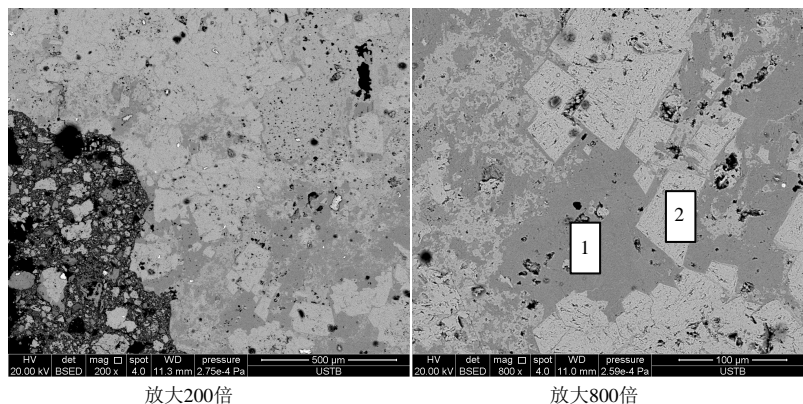


Figure 2. Microstructure of Minas pellet feed
图 2. 米纳斯精粉矿相结构

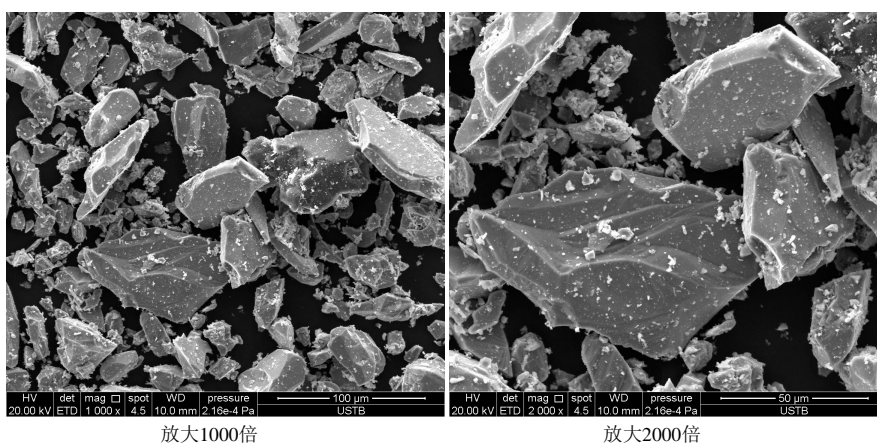


Figure 3. Microscopic morphological structure of Minas pellet feed
图 3. 米纳斯精粉微观形貌

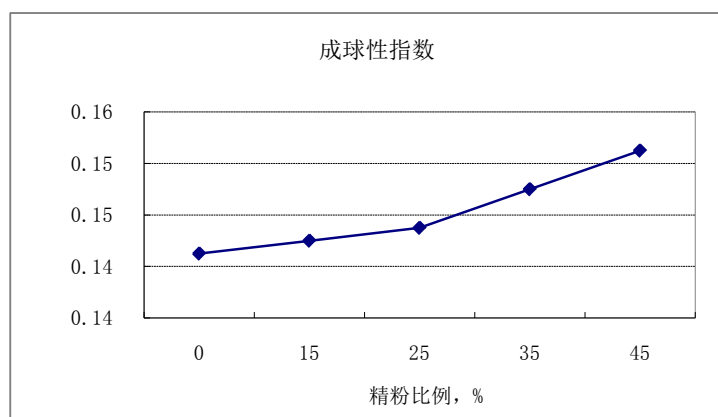


Figure 4. The influence on the Granulating Index of Minas pellet feed ratio
图 4. 米纳斯精粉比例对成球性指数的影响

匀矿细粉中配加比例提高, 成球性指数呈现略微增加的趋势, 且在铁精粉比例达到 45% 时, 混合细粉的成球性指数基本接近单独铁精粉的成球性指数。这是由于米纳斯精粉的成球性略高于匀矿细粉, 故适当增加其配比能略微改善混合匀矿细粉的成球性。

2.4. 米纳斯精粉的烧结基础特性

2.4.1. 米纳斯精粉的同化性[2] [4] [5]

如表 5, 米纳斯精粉的同化温度低于巴西卡拉加斯粉矿, 高于澳洲褐铁矿如杨迪粉矿, 与澳洲半褐铁矿皮尔巴拉粉矿相近。通过在混匀矿细粉中添加一定比例的米纳斯精粉, 并对混匀矿细粉的同化温度测定, 以考察米纳斯精粉对比对混匀矿细粉同化温度的影响规律。从如图 5 中可以看出, 随着混匀矿细粉中米纳斯配比的提高, 混匀矿细粉的最低同化温度逐渐降低。这是因为米纳斯精粉的同化温度低于混匀矿细粉的最低同化温度, 当米纳斯精粉比例提高时, 相应地, 混匀矿的比例降低, 混合细粉的同化温度随之降低。

2.4.2. 米纳斯精粉的液相流动性[2] [6]

在 1280℃、碱度为 5.0 时分别测定了米纳斯精粉与其它三种铁矿粉的液相流动性指数。从表 6 的试验结果看出, 米纳斯精粉的液相流动性指数高于巴西卡拉加斯粉矿, 但低于澳大利亚的皮尔巴拉粉矿和杨迪粉矿。这主要是由于粘附粉的液相流动性与其 SiO_2 含量有良好的线性关系。

从图 6 中可以看出, 在相同碱度条件下, 粘附粉的液相流动性指数随着米纳斯精粉配比的增加呈现逐渐减小的趋势, 且在米纳斯精粉配比为 45% 时, 大幅降低。在相同米纳斯精粉配比下, 随着偏析碱度的升高, 粘附粉的液相流动性指数逐渐升高。

随着粘附粉中米纳斯精粉配比的升高, 粘附粉的 TFe 含量升高, SiO_2 和 CaO 含量降低。由此, 粘附粉中米纳斯精粉配比的升高, 降低了粘附粉中 SiO_2 、CaO 及 Al_2O_3 的含量, 进而减少了 SFCA 液相的生成, 最终降低了粘附粉的液相流动性指数。

2.4.3. 米纳斯精粉的粘结相强度[2] [3]

分别测定了 1280℃ 下碱度为 5.0 时米纳斯精粉和混匀矿细粉的粘结相自身强度, 从表 7 可以看出, 在相同碱度下, 米纳斯精粉的粘结相自身强度高于现用混匀矿细粉。

为了明晰米纳斯精粉对比对粘附粉粘结相自身强度的影响, 研究粘附粉碱度为 5 时不同米纳斯精粉配比下混匀矿细粉粘结相自身强度结果如图 7。从图 7 中可看出, 随着粘附粉中米纳斯精粉配比的增加, 粘结相自身强度呈现逐渐升高的趋势。根据米纳斯精粉和混匀矿的粘结相自身强度的研究可知, 米纳斯精粉粘附粉的粘结相强度高于原始混匀矿粘附粉的粘结相自身强度, 因而当米纳斯精粉配比增加时, 会导致新粘附粉粘结相强度的提高。

3. 米纳斯精粉烧结杯试验研究

为了解米纳斯精粉的烧结性能, 分别以米纳斯精粉 3%、6%、9%、12% 代替巴西烧结粉矿的烧结杯试验, 试验结果如表 8 所示。

从表 8 的数据可以看出, 随着米纳斯精粉使用比例提高, 由于其粒度细, 造成烧结料层透气性变差, 垂直烧结速度下降, 烧结生产率、成品率有所下降, 烧结矿强度稍有提高。由于其粘附粉的粘结相强度较高, 烧结矿强度提高。燃料消耗基本稳定。实验结果表明, 米纳斯精粉使用比例在 6% 以下时, 对烧结的影响较小, 烧结的各项指标均保持基本稳定; 继续增加米纳斯精粉的比例, 烧结速度和生产率明显下降, 虽然烧结矿强度仍可以保持, 但烧结成品率也有所降低、燃料单耗有所上升。

4. 米纳斯精粉工业试验研究

根据以上烧结杯试验的结果, 2015 年 3 月至 5 月份, 在四烧结开展工业性试验。在四烧结试验期间用米纳斯精粉按 3%、5% 和 6% 三种不同的比例替代其它精粉。

Table 5. Assimilation temperature of Minas pellet feed

表 5. 米纳斯精粉矿同化性

	米纳斯精粉	卡拉加斯粉	皮尔巴拉粉	扬迪粉
最低同化温度℃	1244	1270	1235	1205

Table 6. Liquid phase fluidity of Minas pellet feed

表 6. 米纳斯精粉矿液相流动性

	米纳斯精粉	卡拉加斯粉	皮尔巴拉粉	扬迪粉
液相流动指数	1.79	0.74	2.46	3.72

Table 7. The bonded phase strength of Minas pellet feed

表 7. 米纳斯精粉粘结相强度

	米纳斯精粉	混匀矿
粘结相强度 N	116.3	74.1

Table 8. Sinter pot test data of Minas pellet feed

表 8. 米纳斯精粉烧结杯试验结果

试验配比	垂直烧结速度	生产率	成品率	TI (+10 mm)	燃料单耗
单位	mm/min	t/m ² ·d	%	%	Kg/t
基准	30.3	44.5	78.6	54.7	52.1
3%	30.1	44.3	78.5	54.6	52.1
6%	29.1	42.8	78.7	55.5	51.9
9%	31.0	45.1	77.2	55.8	52.5
12%	27.5	40.2	77.8	55.2	52.8

注：烧结矿的 TI 为 JIS 标准。

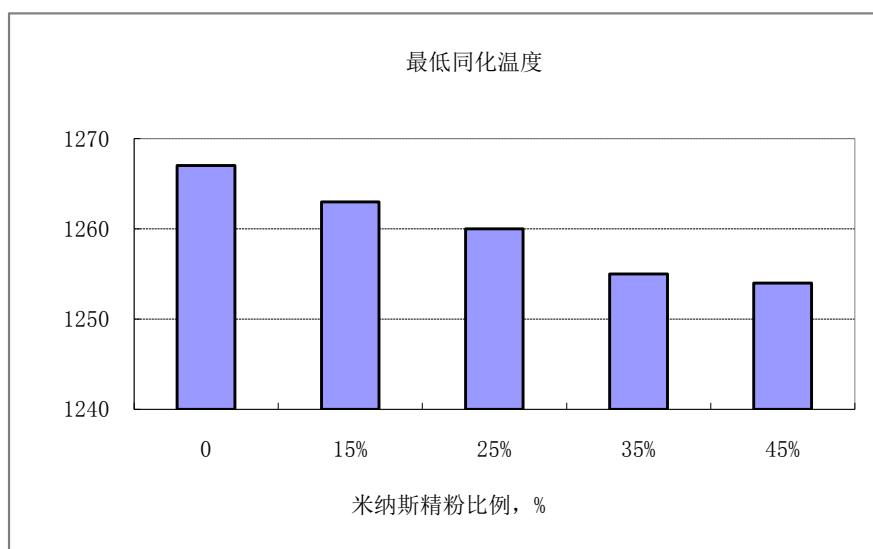


Figure 5. The influence on the Assimilation temperature of Minas pellet feed ratio

图 5. 米纳斯精粉比例对同化性的影响

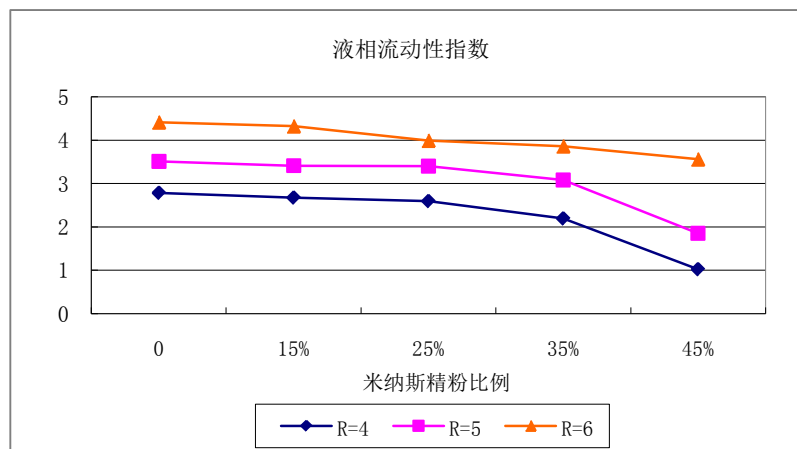


Figure 6. The influence on the Liquid flowing fluidity of Minas pellet feed ratio
图 6. 米纳斯精粉比例对液相流动性的影响

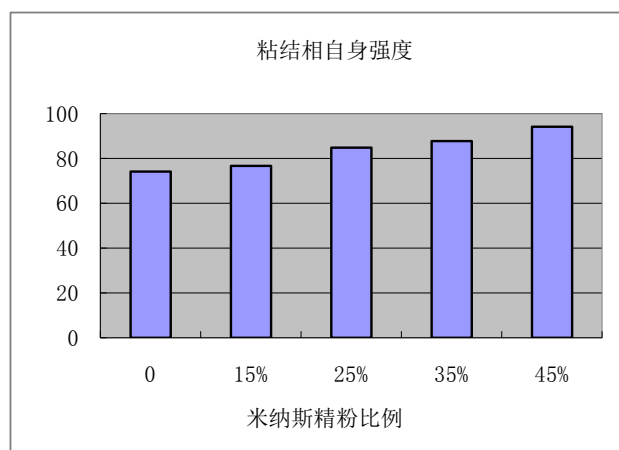


Figure 7. The influence on the bonded phase strength of Minas pellet feed ratio
图 7. 米纳斯精粉比例对粘结相强度的影响

从四烧结的试验情况看, 使用米纳斯精粉替代其它精粉, 在层厚、机速保持稳定情况下, 垂直烧结速度基本没有变化, 成品率呈下降趋势, 烧结返矿有上升的趋势, 生产率基本可以保持稳定, 燃料单耗有下降的趋势, 烧结矿质量保持稳定。具体如表 9 和表 10 所示。综上所述, 烧结生产过程中, 用米纳斯精粉在 6% 的使用比例以内可以满足烧结生产。

5. 结语

在通过对米纳斯精粉基础性能和烧结试验研究, 可以得出:

- 1) 从主要化学成份来看, 米纳斯精粉品位较高, 其 Al_2O_3 、磷和烧损均很低。米纳斯精粉粒度组成细, 小于 0.25 mm 部分在 99% 以上。
- 2) 米纳斯精粉中含铁矿物主要为赤铁矿, 其脉石矿物主要以石英和三水铝石形式赋存。颗粒微观形貌呈现条形片状, 表面比较光滑, 粗糙度较低, 棱角分明。
- 3) 烧结基础特性试验结果表明: 米纳斯精粉的同化温度低于巴西卡拉加斯粉矿, 高于澳洲褐铁矿如杨迪粉矿, 与澳洲半褐铁矿皮尔巴拉粉矿相近。液相流动性指数高于巴西卡拉加斯粉矿, 但低于澳大利

Table 9. Industrial experimental data of Minas pellet feed sintering
表 9. 米纳斯精粉工业试验期间烧结矿质量

配比	TFe	SiO ₂	R	MgO	TI (+6.3 mm)
单位	%	%	倍	%	%
基准	57.88	5.03	1.80	1.65	76.3
3%	58.09	4.97	1.87	1.55	77.5
5%	58.25	4.88	1.91	1.45	78.1
6%	58.60	4.87	1.83	1.47	76.4

注：烧结矿的强度为 ISO 标准。

Table 10. The main technical indexes of Minas pellet feed sintering during industrial experiment
表 10. 米纳斯精粉工业试验期间烧结主要技术指标

配比	层厚	机速	成品率	生产率	燃料消耗
单位	mm	m/min	%	t/m ² ·d	kg/t
基准	830	2.67	80.2	31.7	49.0
3%	827	2.66	78.9	31.5	47.6
5%	828	2.56	79.6	30.2	48.5
6%	824	2.70	78.5	31.4	46.7

亚的皮尔巴拉粉矿和杨迪粉矿。粘结相自身强度均高于现用混匀矿细粉。

4) 分别以米纳斯精粉 3%、6%、9%、12% 代替巴西烧结粉矿的烧结杯试验, 随着米纳斯精粉使用比例提高, 烧结生产率、成品率有所下降, 烧结矿强度稍有提高。燃料消耗基本稳定。米纳斯精粉使用比例在 6% 以下时, 对烧结的影响较小, 烧结的各项指标均保持基本稳定; 继续增加米纳斯精粉的比例, 烧结速度和生产率明显下降, 虽然烧结矿强度仍可以保持, 但烧结成品率也有所降低、燃料单耗有所上升。

5) 在四烧结开展工业性试验期间用米纳斯精粉按 3%, 5% 和 6% 三种不同的比例替代其它精粉。成品率呈下降趋势, 生产率基本可以保持稳定, 燃料单耗有下降的趋势, 烧结矿质量保持稳定。烧结生产过程中, 用米纳斯精粉在 6% 的使用比例以内可以满足烧结生产。

参考文献 (References)

- [1] 潘潇. 英美资源集团启动巴西铁矿开采项目[J]. 资源环境与工程, 2014(6): 258.
- [2] 吴胜利, 刘宇, 杜建新, 等. 铁矿石的烧结基础特性之新概念[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 254-257.
- [3] Loo, E. and Leung, W. (2003) Factors Influencing the Bonding Phase Structure of Iron Ore Sinters. *ISIJ International*, **43**, 1393-1402.
- [4] Debrincat, D. Loo, C.E. and Hutchens, M.F. (2004) Effect of Iron Ore Particle Assimilation on Sinter Structure. *ISIJ International*, **44**, 1308-1317.
- [5] 吴胜利, 刘宇, 杜建新, 等. 铁矿粉与 CaO 同化能力的试验研究[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 258-261.
- [6] 吴胜利, 杜建新, 马洪斌, 等. 铁矿粉烧结液相流动特性[J]. 北京科技大学学报, 2005, 27(3): 291-293.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2373-1478，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：meng@hanspub.org