# 包钢布料器在大型高炉的应用与改进

东 升, 季文东, 高万良, 渠世平, 郭 强, 张 峰

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要**: 文章介绍了包钢拥有自主知识产权的布料器逐步发展过程, 以及近年来在大高炉的应用情况, 并针对在包钢特殊炉况情况下布料器在大高炉出现的故障, 针对性的对布料器中心喉管、托架等做了改进措施, 提高了包钢布料器在大高炉应用的能力。

**关键词**: 布料器; 托架; 中心喉管

**中图分类号**: TF321.3 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2018) 01 - 0022 - 03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.008

# Application and Improvement of Distributor in Large Blast Furnace of Baotou Steel

*DONG Sheng, JI Wen - dong, GAO Wan - liang, QU Shi - ping, GUO Qiang, ZHANG Feng*

(*Rare Earth Steel Iron - making Plant of Inner Mongolia Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

**Abstract**: In the paper, it is introduced the process of gradual development of distributor with independent intellectual property by Baotou Steel and its application in large blast furnace in recent years, and aiming at the failure of the distributor in large blast furnace under the special furnace condition of Baotou Steel, the measures for improving the center throat pipe and bracket of distributor are improved, which improves the application capacity of distributor in Baotou Steel.

**Key words**: distributor; bracket; center throat pipe

高炉布料器作为向高炉炉喉布料的设备, 必须能够准确地按操作需要将炉料分布在炉喉半径和圆周方向上, 因此, 布料器就需要具有足够的运动准确性和高度的工作可靠性。包钢布料器包含主传动(溜槽旋转 $\beta$ 角转动) 和副传动(溜槽倾动 $\alpha$ 角倾动) 两种传动方式。主传动 $\beta$ 角传动链如下: 电动机 → 摆线针轮减速机 → 直齿小齿轮 → 上部回转支承 → 耳轴转套 → 溜槽。副传动 $\alpha$ 角倾动传动链如下: 直线油缸 → 托圈 → 下部回转支撑 → 钢圈 → 曲柄 → 耳轴 → 溜槽[1]。主副传动是相互独立的, 既可独立运动, 也可合成运动, 以完成高炉多种布料形式。

## 1 包钢布料器的发展过程与特点

1985 年 3 月由包头钢铁设计研究院和包钢炼铁厂共同设计的包钢无料钟 BG Ⅰ 型首次应用于包钢 1# 高炉, 它以其完全不同于 PW 齿轮箱的新颖简洁结构而受到广泛关注。经过几年的实践, 包钢对

* **收稿日期**: 2017 - 10 - 20

**作者简介**: 东 升(1977 - ), 男, 内蒙古呼和浩特市人, 高级工程师, 现从事高炉设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

BG Ⅰ型布料器进行了大量的改进,形成了 BG Ⅱ型布料器,并于 1989 年 1 月应用于 3#高炉。为了进一步提高并完善包钢无料钟炉顶的性能,2001 年在包钢炼铁厂完成了 BG Ⅱ型布料器以及包钢无料钟炉顶其它装料设备的重大技术革新,形成了独具特色、性能优越的包钢 BG – Ⅲ型无料钟炉顶。并于 2001 年 11 月成功应用于扩容后的 1#高炉(2 200 $m^3$),次年 4 月应用于 3#高炉(2 200 $m^3$),之后相继应用于包钢炼铁厂 5#、2#、4#、6#高炉[2]。

2014 年 5 月由美国 Woodings 制造的包钢改进型布料器首次应用于包钢新体系 7# 高炉(4 150 $m^3$),次年 10 月应用于 8#高炉(4 150 $m^3$)。与此同时,由秦皇岛秦冶重工公司制造的同类型布料器也逐步在宝钢湛江 1#、2#高炉(5 050 $m^3$)、台塑越南和静 1#、2# 高炉(4 350 $m^3$)、印尼浦项高炉(3 800 $m^3$)等大型高炉开始应用,标志着包钢知识产权的布料器在国内、国际大型高炉全面开始应用。

包钢型布料器部分特性: ①倾动角速度 3°/s,齿轮传动为 1.7°/s、速度比传统的提高一倍,旋转速度 8 r/min。②检测装置: 连接油缸的高精度编码器 0.000 1,精度误差 < ±0.1°,控制系统扫描时间小于20 ms,可达精度误差 < ±0.3°。③设计原理简单、制造难度小; 将炉料指到哪里就布到那里,精确、可靠。

## 2　包钢布料器使用情况及原因分析

包钢新体系 7#高炉自 2014 年 5 月投产开始,由于布料器布料溜槽撒料、布料不均匀,布料器托架及溜槽无力抵抗高炉炉顶持续高温,多次出现托架及溜槽变形,一直制约着高炉的正常生产。截止至 2016 年 9 月 8 日,7#高炉共造成高炉休风更换溜槽 13 台·次,更换布料器 3 台·次。在 2016 年 9 月 8 日更换使用秦冶布料器之后,分别又在 2017 年 2 月 26 日、3 月 1 日及 5 月 7 日出现溜槽掉落、托架变形的情况。

(1) 原设计的中心喉管在布料器过程中,炉料蛇行较为严重,同时,会有大量炉料从溜槽侧壁甩出的现象,造成了布料混乱,炉喉料面布料不均匀,既增加了工艺控制气流的难度,又造成了部分气流利用不好,引起顶温升高甚至危害布料器寿命; 几种原因相互影响,相互作用,最终导致高炉工艺操作困难,炉况波动严重,顶温难以控制,托架变形后布料器损坏。

(2) 通过对更换下来的布料器测量分析,导致布料器寿命较短的主要原因在于布料器托架变形,托架变形后导致溜槽布料角度出现偏差,工艺操作无法准确的按照生产要求的角度将原燃料布在相应料面上,溜槽掉落同样是由于托架拉伸变形,溜槽压角无法压在托架接触面所导致; 布料器溜槽失效主要表现在两个方面,第一是由于托架变形后,溜槽本体压角处随着托架变形同时也发生了变形,溜槽失效; 第二是溜槽的耐磨衬板无法经受料流的冲刷而引起的失效。

鉴于秦冶制造的布料器在国内外其他大型高炉的正常应用,因此,对于在包钢 7#高炉的布料器还应继续改进,来适应包钢自产矿的特殊炉况要求,从而提高布料器使用的可靠性,保证高炉的稳定顺行。

## 3　布料器改进措施及效果

### 3.1　中心喉管改进及效果

对布料器中心喉管内径由原设计 DN750 改为 DN650,如图 1 所示,改型后可以有效束缚料流,减弱在布料过程中炉料在中心喉管中蛇行,减少炉料偏析,避免向溜槽侧面溢料、撒料,增强炉料在炉喉料面的均匀性,有利于工艺操作稳定料面形状,控制气流分布,控制顶温[3]。

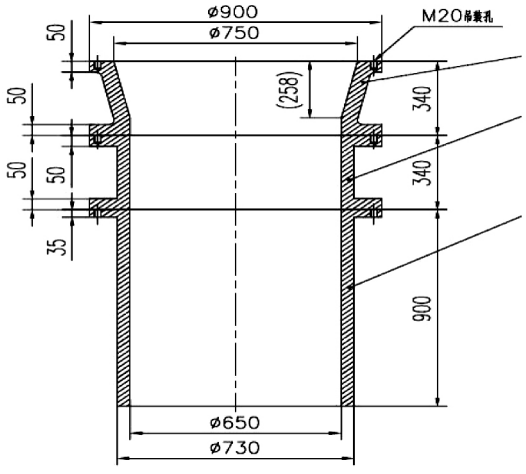



图 1　7#高炉改进后中心喉管图

7#高炉于 2017 年 5 月 7 日在休风时将中心喉管改型,改型前的炉顶平均打水量为 266.3 t/d,炉顶平均温度为 241.18 ℃,高炉利用系数为 2.122 t/$m^3$·d; 改型后打水量减少到 74.41 t/d,炉顶平均温度降低至 201.25 ℃,利用系数提高至

中国知网　https://www.cnki.net

2.177 t/m$^3$ · d。可以看出,在改型中心喉管后,料面的均匀性得到改善,高炉利用系数提高;同时,炉顶平均温度显著降低,温度得以控制,极大的减少了炉顶打水量,同时也避免了布料器托架受到高温作用。

### 3.2 增加布料器托架冷却装置及效果

经过对布料器寿命分析,布料器托架作为布料器的关键部件,托架的寿命即是布料器的寿命;通过增加托架冷却装置,直接冷却布料器托架所处的高温区域,避免托架高温变形,提高布料器使用寿命,保证高炉稳定顺行。在生产运行中,托架冷却装置管道内通入氮气,托架在运转过程中被冷却装置吹入的氮气进行冷却,如图2所示;三组冷却装置按角度吹入氮气后,形成冷却保护区域,托架始终处于三组冷却装置形成的冷却保护区域内,如图3所示。

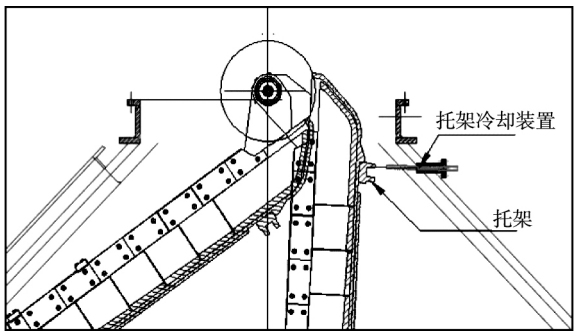



图2 托架冷却装置方案主视图

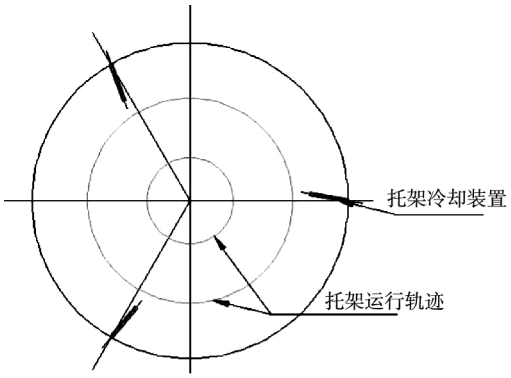



图3 托架冷却装置方案俯视图

2017年6月13日,8#高炉利用计划休风检修,增加了托架冷却装置,布料器热负荷未增加托架冷却装置前为101.15 kJ/h,增加托架冷却装置后降低至69.7 kJ/h。通过对增加前后对布料器热负荷进行对比,热负荷明显降低,说明托架冷却装置对托架的保护起到良好效果,工作环境得到了改善。

### 3.3 增加溜槽卡挂装置及效果

7#高炉在2016年9月8日改造后,溜槽已更换3台,发生三次掉落情况,平均使用寿命为2.6个月,对高炉生产操作产生极大影响,通过对现有布料器托架增加压角延长面,溜槽增加卡勾,如图4所示,可以对溜槽形成有效保护,避免溜槽掉落,提高溜槽使用的可靠性,对高炉生产有重要意义。此措施在7#高炉2017年5月7日休风中增加改进,在8月15日定修中对更换下来的溜槽检查,如图5所示,可以发现卡勾处明显的受力痕迹,起到避免溜槽掉落作用,效果显著。

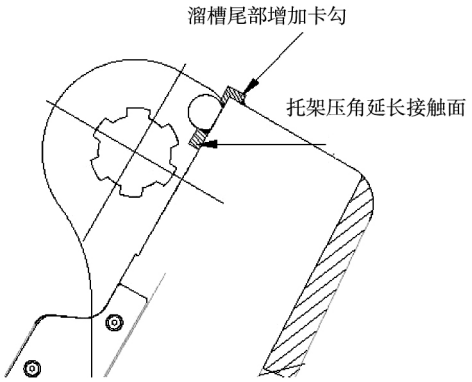



图4 溜槽卡挂装置方案图



图5 更换下来的卡挂处示意图

### 3.4 托架材质及设计改型

作为布料器的关键部件,如何提高托架使用的可靠性,才是最终解决布料器寿命的关键因素;通过对前几年布料器的托架材质及大量实践使用情况分析,选择了比较适用于高温、耐热的材料,布料器托架材质选为ZG42CrMoV。同时,托架易于受损变形的部位分别在以下两处:①与溜槽卡挂处容易变形

(下转第71页)

中国知网 https://www.cnki.net

## 3　结论

(1) ELMD 和 MED 的故障诊断方法能够有效地提取隐藏在强噪声或其他强干扰背景下的齿轮故障特征,在早期类故障诊断中具有优势。

(2) 对轴承故障信号进行总体局部分解(ELMD) 可以有效避免局部均值分解(LMD) 产生的模态混叠现象,从而获得更加真实的 PF 分量。依据相关系数准则选取包含故障信息最大的 PF 分量作为研究对象,减少了分量选取的盲目性。

(3) 利用最小熵反褶积(MED) 对包含故障特征信息的 PF 分量进行降噪处理,能够有效去除噪声成分的干扰,提升信号的峭度,从而更好地凸显强噪声背景下少数大的故障冲击成分,有助于准确提取齿轮微弱的故障特征信息。

(4) 将 ELMD 和 MED 相融合的方法应用于齿轮故障诊断中,能够准确、有效地提取到微弱的故障特征信息,实现对故障情况的精确诊断,诊断结果指导生产现场提前做出处理方案,有效避免设备事故发生,对生产及安全意义重大。

### 参　考　文　献


[1] 程军圣, 张亢, 杨宇. 基于噪声辅助分析的总体局部均值分解方法[J]. 机械工程学报, 2011,47(3):55 -62.

[2] Sun Jiedi, Xiao Qiyang, Wen Jiangtao, et al. Natural gas leak location with K - L divergence based adaptive selection of Ensemble Local Mean Decomposition components and high - order ambiguity function [J]. Journal of Sound and Vibration,2015, 347(7): 232 -245.

[3] Kim T , Lee K K. Estimation of relative recharge sequence to groundwater with minimum entropydeconvolution [J]. Journal of Hydrology, 2005, 311(4): 8 -19.

[4] 王宏超, 陈 进, 董广明. 基于最小熵解卷积与稀疏分解的滚动轴承微弱故障特征提[J]. 机械工程学报,2013,49(1): 88 -94.


(上接第 24 页)

压溃;②两个侧壁因材质及高温原因,导致强度降低弯曲变形。因此,针对以上易损部位通过增加强度进行改型,如图 6 所示。

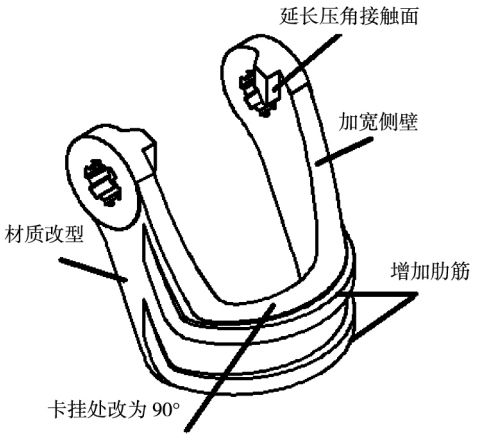



图 6　改型后托架示意图

## 4　结束语

目前,在国内外的大型高炉上,主要有 PW 型布料器与包钢布料器两种形式。作为具有包钢自主知识产权的包钢布料器在中小高炉上的应用已有十分成功的经验,通过一系列技术攻关改造,目前在大型高炉也能够正常使用、寿命可控;如何更好地在大型高炉使用、提高其使用可靠性,还需要对布料器的各项性能不断地进行技术研究与改进。

### 参　考　文　献


[1] 吴宗泽. 机械结构设计准则与实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[2] 刘宏斌,吴崇兰,孙俊英. 包钢炼铁厂 BG - Ⅲ型无料钟炉顶的应用[J]. 包钢科技,2009, 35(1):16 -18.

[3] 赵国磊. 无钟高炉装料过程炉料运动分布规律及颗粒偏析行为研究[D]. 北京: 北京科技大学,2016.


中国知网　https://www.cnki.net