

# 自动配比精确度关键控制技术的开发与应用

徐春玲, 李 强

(莱芜钢铁股份有限公司 炼铁厂, 山东 莱芜 271104)

**摘 要:** 借鉴六西格玛统计工具, 充分开发自动配料系统技术资源潜能, 提炼自动配比精确度计算公式, 形成了提升自动配比精确度的关键控制技术, 包括出料能力提升、出料能力判定、出料能力调节和最佳水平参数控制, 通过出料能力最佳水平 [(25±2)Hz] 控制, 配比精确度提升约 19.337% (雨季 11.169%), 混匀料平均偏差减少 0.03% (雨季 0.016%)。

**关键词:** 自动配比; 精确度; 关键控制技术; 出料能力; 最佳水平

中图分类号: TF325.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2011)06-0010-04

## 1 前 言

自动配比是度量配料线生产质量的关键指标之一。目前, 莱钢股份炼铁厂拥有 3 台 105 m<sup>2</sup> 烧结机、1 台 265 m<sup>2</sup> 烧结机和 6 座 1 080 m<sup>3</sup> 高炉, 自动配料线遍布各生产流程。受各种因素影响, 即使配备先进瞬时调整功能的自动配料系统, 其实际配比值仍达不到理想设定值, 二者之间存在一定波动; 同时, 大批量的瞬时数据显示, 使得人工检测难以科学检定实际配比完成情况。因而, 在实际运作中, 往往都忽略了对实际配比值与理想设定值的波动测定和能力分析, 不仅制约了自动配比精确度的提升, 更在不同程度上造成了自动配料系统技术资源的浪费。2010 年, 莱钢股份炼铁厂以老区 105 m<sup>2</sup> 烧结混匀配料线为试验点, 借鉴六西格玛统计分析工具, 提炼自动配比精确度计算公式, 充分开发自动配料系统技术资源潜能, 使自动配比精确度得以大幅提升。

## 2 定义分析

混匀料配比精确度直接关系到烧结矿料成本的准确控制, 是决定混匀料质量的关键因素, 直接关系到烧结矿的产、质量。莱钢股份炼铁厂老区 105 m<sup>2</sup> 烧结混匀配料线工艺流程见图 1。

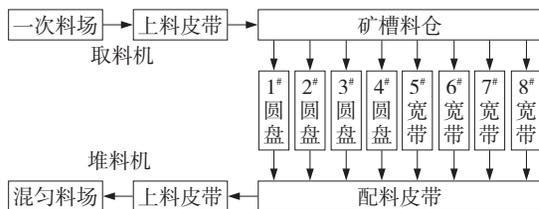


图1 105 m<sup>2</sup> 烧结混匀配料线工艺流程

其中, 配料室设 8 个 202 m<sup>3</sup> 矿槽料仓, 槽下 4 台

Φ2 m 定量圆盘给料机、4 台拉式皮带机给料, 给料机小皮带下安装电子皮带秤, 在皮带输送系统中对散状物料进行连续计量。

在 105 m<sup>2</sup> 烧结混匀配料线中, 自动配比精确度是指“含铁混匀料中各种铁矿粉配比的精确度”。其潜在最佳值也是理想值即为 1 或 100% (实际料流 = 设定料流)。总结多年生产经验, 确定自动配比精确度指标计算公式如下:

$$Y = 1 - \text{加权综合波动比 } B_{\text{综}}$$

其中,  $B_{\text{综}} =$

$$\sum B_i = \sum [( \text{实际料流}_i \div \text{设定料流}_i - 1 )^2]^{1/2} \times ( \text{设定料流}_i \div \text{总料流} ) \times 100\%$$

$i$  代表各电子皮带秤标号。混匀料配比精确度正常水平值  $\geq 70\%$ 。实际料流与设定料流之间的波动与潜在最佳值的绝对差值超出一定范围, 导致权重均值超出正常水平均值, 表现为混匀料配比精确度低于正常水平值。

## 3 控制因素排查

### 3.1 排查重要因子

为了制定改进措施, 运用头脑风暴法, 将流程中可能对精确度造成影响的因素一一罗列出来, 对所有因子进行统一梳理, 并最终确定了 10 个重要因子。重要因子排查情况见表 1。

表1 重要因子排查

影响因素	类型	重要因子判定	影响因素	类型	重要因子判定
受卸指令	S	否	沿线设备	C	否
料位料种	C	是	开停机顺序	C	否
皮带漏斗	C	否	圆盘给料能力	C	是
料位仓存	C	是	宽带给料能力	C	是
料仓料种	C	否	皮带秤稳定性	C	是
料种杂物	C	否	传输信号	C	是
矿槽料车	C	否	配料微机	C	否
计划配比	S	是	小皮带稳定性	C	否
标准料流	C	是	矿槽矿粉	S	是
计量设备	C	否	季节温度	N	是

注: S 为非可控因素, C 为可控因素, N 为环境因素。

收稿日期: 2011-06-24

作者简介: 徐春玲, 女, 1975 年生, 1994 年毕业于山东冶金工业学校钢铁冶金专业。现为莱钢股份炼铁厂技术科工程师, 从事炼铁厂技术管理工作。

### 3.2 特殊因素改进

10个重要因子中有6个可进行直接快速改进。

1)“料位料种”:①设立料场标识牌,规范标识牌填写内容和要求,料场标识牌每天一更新,更换料种要随时更新。②规范料场分布图日报制度,调度部门每天校核料场料种、料量分布图;③规范指令电话复核记录制度,下达和接收堆料、取料指令要电话复核并记录。

2)“料位仓存”:建立标准打料制。明确打料线工艺装备及走料时间,建立打料线“三三联系”制度和记录复核制度。通过统一打料标准,提高了整体打料效率,确保了料位仓存高于30%。

3)“皮带秤稳定性”,日常操作中要注意:①批配料前检查皮带秤稳定性,皮带秤测速波动控制在0.00%方可正常配料,否则停机联系处理。②皮带秤定期维护,至少每月1次对皮带秤测速系统进行全面检查并测试稳定性。日常维护中要注意:①杜绝测速传感违规固定连接。②定期检查传感盒内固定连杆,出现裂痕及时处理。③保持接线盒内接线柱有效连接,并保持清洁。

4)“传输信号”:①利用自动配料线的Axis在线监控软件,建立历史趋势图,实现配比信号有序在线储存,储存期限30d(用料周期的整数倍);②编辑配比精确度的程序计算公式,加装全程自动监控界面,控制自动精确度在行业水平平均值的70%以上,建立日督查、日通报、日考核制度。全程自动化监控,克服了传统抽检时的漏检等弊端,配比精确度由58.59%提升至70.26%。

5)针对“矿槽矿粉、季节温度”类不可控和自然因素,借鉴TRIZ理论方法,结合传统创新思路,首先进行系统分析,分解出4个物: $S_1$ 雨水、 $S_2$ 物料、 $S_3$ 雨水物料、 $S_4$ 配料、 $S_5$ 振动器;3个场: $F_1$ 天气(下雨)、 $F_2$ 机械力(出料)、 $F_3$ (振动)。建立起3个基本物场模型(见图2)。

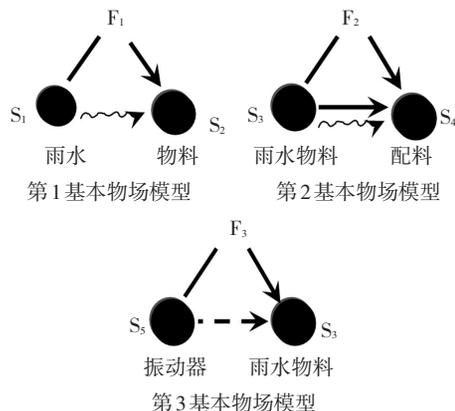


图2 基本物场模型

其次,选择标准解1.2.1(引入第3种物质抵消有

害作用)、1.2.4(引入第2种场抵消有害作用)、2.2.2(加大对工具物质的分割程度向微观控制转换),得出系列优化解决方案。结合实际技术水平,最后筛选确定最佳方案(固定料仓改为分体式活动料仓、仓体内壁加装悬挂钢丝绳),从而有效解决了雨季配料难等问题,大幅度提升了雨季配料精确度。

其他4个关键因素(计划配比、标准料流、圆盘给料能力和宽带给料能力),可统一归结为自动配料设备的出料能力。

## 4 关键控制技术

经过长期研究与实践,形成了包括出料能力提升、出料能力判定、出料能力调节和最佳水平参数控制的关键控制技术。

### 4.1 出料能力提升

#### 4.1.1 圆盘给料机

参考行业经验,提升圆盘给料机出料能力措施有:①去除圆盘料套,但需配套安装圆盘刮刀;②增加盘面摩擦力,简便且投资相对较小;③调圆盘落料点,投资相对较大;④加大圆盘出料口,要配套安装出料闸阀。故最佳改进措施为:增加盘面摩擦力,加大圆盘出料口。

实施步骤:①首先在2#圆盘盘面均匀焊接长0.5m、直径 $\phi$ 0.5mm的钢筋6根。②圆盘出料口长、宽各扩大2cm,出料口边缘弧度光滑处理。③改进后检测其最大出料能力是否提高显著。确认成功后,推广至其他圆盘给料机。

#### 4.1.2 宽带给料机

宽带给料机出料能力提升相对简单,调宽带落料点投资大,加大出料口投资小。故确定改进措施为加大圆盘出料口。

实施步骤:①首先在5#宽带出料口长、宽各扩大1cm,出料口边缘弧度光滑处理。②改进后其检测最大出料能力是否提高显著。确认成功后,推广至其他宽带给料机。

### 4.2 出料能力判定

转速变频是表征圆盘给料机给料能力的始端值,下料口皮带流量是表征圆盘给料能力的终端值;带速变频是表征宽带给料机自身给料能力的始端值,下料口皮带流量是表征宽带给料能力的终端值。采用终端数据分类复杂,故建议采用转速变频来表征圆盘给料能力,采用带速变频来表征宽带给料能力。利用现有技术资源设施,提取圆盘给料机、宽带给料机的输出控制变频信号,在配料微机安装输出变频显示界面,可随时对给料设备出料能力进行判定。

### 4.3 出料能力调节

自动配料线出料设备出料能力超出最佳区域值,会造成配比精确度明显下降;能力过大,调节滞后;能力过小,调节难以到位。为此,加大出料口要配套安装出料闸阀。

电液动式出料口调节闸阀操作便捷但成本较高,手动插板式出料口调节闸阀调节费时费力但成本低廉,考虑成本选择后者。

实施步骤:①在改进后的出料口两侧安装插板轨道缝。②在其上侧安装插板固定螺栓。③按照出料口尺寸制作插板,垂直方向安装插板到插板轨道缝,以便于手动调节。

### 4.4 最佳水平参数控制

借鉴六西格玛工具进行单因子试验分析。设定适当标准料流,分别保持圆盘或宽带转速变频在“10、15、20、25、30、35、40、45 Hz”的8个水平;控制圆盘或宽带出料能力在规格水平内稳定运行后,开启配料线30 min,从配料室微机历史数据库,按照1个/min的频次提取混匀料配比精确度数据30个。重复以上操作,提取5组水平值,共240个数据。

#### 4.4.1 圆盘给料机

为确保预测可靠,在使用240个数据做预测前,首先要对数据进行残差判断。将圆盘给料机的结果数据输入mintab表格,可得出圆盘给料机配比精确度的残差(见图3)。

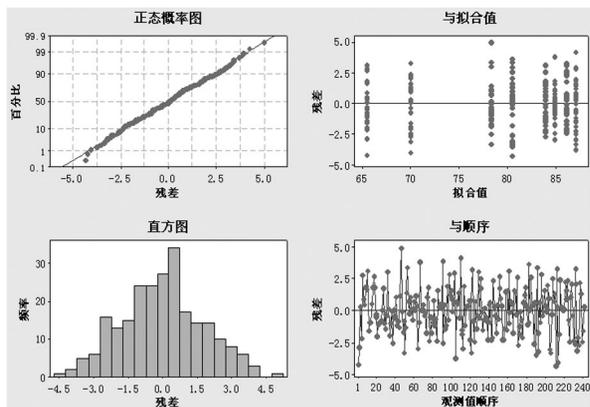


图3 圆盘给料机配比精确度的残差

图3中残差数据正态、拟合值分布无异常,残差观测值与顺序无明显关系。在确认有显著影响的前提下,可直接用上述统计数据进行拟合分析,进入改进过程。用同组数据做出圆盘给料机配比精确度的拟合线见图4。

由图4可看出:上下限水平(10 Hz、45 Hz)的精确度明显低于规格要求值,但仍符合圆盘给料机正常工作行程,故工作中出现上、下限水平时要作为工艺事故“萌芽状态”进行处理。15~40 Hz水平精确度满足行业规格值(>70),20~35 Hz水平精确度

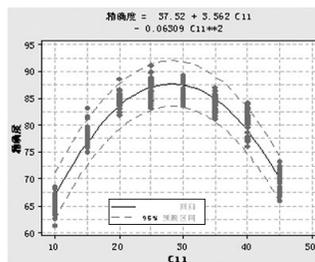


图4 圆盘给料机配比精确度的拟合线

满足项目目标值(>82)。因此,确定将20~35 Hz水平的“圆盘给料能力”作为重点区间进一步分析。

#### 4.4.2 宽带给料机

同样,宽带给料机在使用240个数据做预测前,也要先进行残差判断。将宽带给料机的结果数据输入mintab表格,可得出宽带给料机配比精确度的残差见图5。

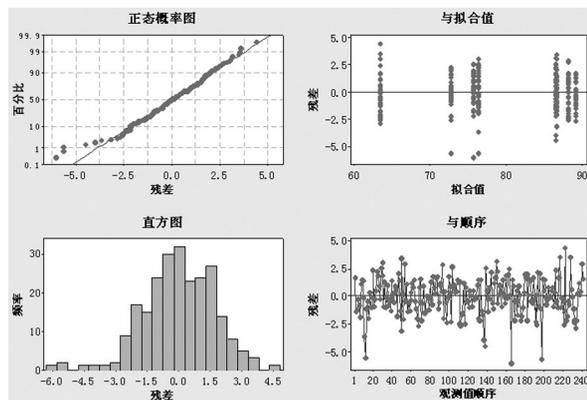


图5 宽带给料机配比精确度的残差

图5中残差数据正态、拟合值分布无异常,残差观测值与顺序无明显关系。确认有显著影响前提下,可直接拟合分析,进入改进。用同组数据做出宽带给料机配比精确度的拟合线曲线见图6。

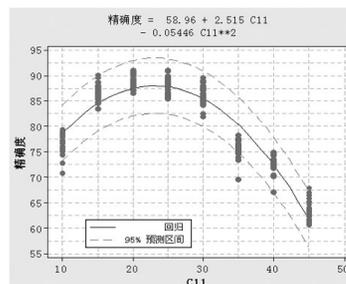


图6 宽带给料机配比精确度的拟合线

由图6可看出:上下限水平(10 Hz、45 Hz)的精确度明显低于规格要求值,但仍符合宽带给料机正常工作行程。故工作中出现上、下限水平时要作为工艺事故“萌芽状态”进行处理。15~40 Hz水平的精确度满足规格值(>70),17~30 Hz水平的精确度满足项目目标值(>82)。因此,确定将17~30 Hz水平的“宽带给料能力”作为重点区间进一步分析。

#### 4.4.3 确认最佳水平

为求证最佳水平,结合圆盘给料能力20~35

Hz、宽带给料能力 17~30 Hz 重点分析区间,以配比精确度为响应变量,因子圆盘给料能力取 20、35 Hz 两水平,因子宽带给料能力取 17、30 Hz 两水平,进行两水平全因子试验。试验结果数据输入 mintab 表格,可得出混匀料配比精确度与宽带给料能力、圆盘给料能力的曲面图(见图 7)。

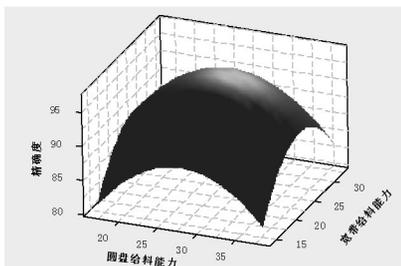


图7 混匀料配比精确度与宽带给料能力、圆盘给料能力曲面

从图7可以看出,系统改进后,混匀料配比精确度大幅度提升( $>85$ ),圆盘给料能力 20~35 Hz、宽带给料能力 17~30 Hz 完全满足项目目标( $>82$ )要求,趋势拐点与一元回归模型预测结果基本相似。

考虑到实际生产中,给料设备权重不断变动,且圆盘、宽带给料能力在 23~27 Hz 预测精确度水平平均 $>94$ ,故确定圆盘、宽带给料能力最佳控制水平值为 $(25 \pm 2)$ Hz。可根据圆盘、宽带变频界面显示,适当调节插板阀开度,保持最佳圆盘、宽带给料能力。

## 5 结 语

分别取改进后 2010 年 6、7 月和 8、9 月(雨季)混匀料品位堆波动(平均偏差)与 2009 年同期数据进行比较,改善效果显著:老区混匀料配比精确度已高达 94%(雨季 84%),较改善前提升约 19.337%(雨季 11.169%);混匀料品位堆波动(平均偏差)减少 0.03%,特殊季节(雨季)减少 0.016%。目前自动配料线遍布各类生产流程,本项目是 105 m<sup>2</sup>烧结机的含铁混匀配料线,从纯复制角度,本项目技术可推广至莱钢另外 3 台 265 m<sup>2</sup>烧结机和 1 台 400 m<sup>2</sup>烧结机原料配料线系统;从借鉴推广角度,可推广至烧结、高炉等所有存在皮带秤计量自动配料生产线。

## Development and Application of the Key Control Technologies for Automatic Ratio Accuracy

XU Chun-ling, LI Qiang

(The Ironmaking Plant of Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

**Abstract:** The authors referenced Six Sigma statistical tools, fully developed the technology resources potential of the automatic proportioning system, refined the computational formula of automatic ratio accuracy and formed key control technologies of promoting automatic ratio accuracy, including the promotion, determinant and adjustment of discharge capacity and optimal level parameter control. By  $(25 \pm 2)$  Hz best level control of the discharge capacity, the proportioning accuracy was improved by 19.337% about (by 11.169% in rainy season) and the average deviation of mixing materials was reduced by 0.03% (by 0.016% in rainy season).

**Key words:** automatic ratio; accuracy; key control technology; discharge capacity; optimal level

(上接第 9 页)

## Operation Practice of Laiwu Steel's 3 200 m<sup>3</sup> Blast Furnace in High Slag Ratio

MU Xian-jin, LANG Da-hui, YANG Lei

(The Section Steel Ironmaking Plant of Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

**Abstract:** Because of low quality of the iron ores and downgrading, the slag ratio of Laiwu Steel's 3 200 m<sup>3</sup> BF increased. By optimizing the distribution system and blowing-in system, reducing the low temperature reduction degradation index of sinter ore, developing the control technologies for the furnace hearth liquid level and other measures, the 3 200 m<sup>3</sup> BF kept stable smooth operation for long time, without reducing main technical and economic indexes in the condition of comprehensive grade decreasing by 1% comparing with that in early days of starting-up.

**Key words:** blast furnace; high slag ratio; large amount slag operation; smooth operation

信息园地

## 第三届全国铝用炭素技术与市场研讨会在宁夏石嘴山召开

第三届全国铝用炭素技术与市场研讨会于 2011 年 10 月 25~26 日在宁夏回族自治区石嘴山市召开。会议由中国有色金属工业协会和中国有色金属工业集团主办,中国有色金属工业协会副会长文献军出席会议并致辞。参加会议的代表共 175 人,其中山东有 13 个企业和单位、25 名代表参加了会议。会议围绕“十二五”电解铝

工业和铝用炭素发展面临的新形势、推广铝用炭素节能降耗、低碳生产的新技术等展开了广泛的交流和探讨。中国有色金属工业协会铝业分会副秘书长郎大展作了“低碳电解铝需要高质量炭素”主题发言;共有 14 名代表分别从炭素生产新技术和市场走势分析及预测做了书面发言,其中山东有 3 名代表发言。(鞠沾仓)