

# 多技术融合实现原燃料精准管控

王 刚，朱佳利，李海滨

（河钢承德钒钛新材料有限公司炼铁事业部，河北承德，067102）

**摘 要：**源头控制、高效物流、精准混匀是冶金企业依托信息化甚至智能化发挥企业降本增效绿色环保永恒突破口。普粉、钒粉、外矿粉三种原料从外观无法识别，三种原料的配比必须严格控制，杜绝三种原料混料事故从源头控制。每种原料的场地、货场、物流车辆与纸质货单一一对应。原料的到货时间、到货数量、到货种类、卸车地点，原料质量做到精准控制的前提是高效物流。在不混（错）料的前提下，在没有一次料场混匀的情况下，精准混匀含有钒钛铁精粉的原料是冶金企业核心与最终目的。该项目从现场配料设施技术改造、远程自动计量实施、物料管控信息实施、物料质量分析评价、物料过程跟踪多个环节、多板块实现了物料的精准管控，取得预期效果。

**关键词：**智能化；精准；配料；高效

## 1 原燃料物流精准管控在降本增效的作用

钒钛钢铁企业原料（普粉、钒粉、外矿粉）占企业总成本 60%左右，研究和实践得知：入炉矿品位每提高 1%，炼铁焦比下降 1.5%，生铁产量升高 2.5%，吨铁渣量减少 30kg，允许高炉增喷 15kg/t 煤粉。钒钛磁铁矿粉精准混匀是企业首道和关键工序，直接影响钒钛烧结、炼铁、炼钢、轧钢四大工序和企业的利润。钒钛铁精粉、普粉、外矿粉精准混匀是企业挖潜永恒的课题，也是世界性难题。在环保、调结构、降房地产库存的大环境下，随着钢铁产能扩张，钢铁企业利润总体大幅降低、钒钛钢铁企业受其影响遭受前所未有的挑战。高库存、原料料场一次混匀都需要占用几亿、几十亿的资金。探求一种无混匀汽运原料直供料仓的精准配料方式，可以减少巨额资金的占用同时减少工序成本，该方式是企业在新的深挖潜、新增效背景下重要战略。

## 2 原燃料管理存在的种种问题

2.1 冶炼钒钛铁水过程中发生高炉炉况波动事故，恢复炉况采用全部普矿生产过程中检测铁水含有一定量的钒元素，在整个生产工艺中只能推断初期混料时钒钛铁精粉与普粉、外矿粉进行错误混合，即发生错（混）料事故。从每天化验结果看，每班次均有不同数量混错料情况发生。具体吨位、批次因为没有数据可查、不能从根本杜绝。至于普粉、外矿粉错误倒入钒粉大堆或料仓，同样没有数据可查。

2.2 高炉炉况波动顺查烧结矿的品位与碱度稳定率，发现同样设备同样原料配比同样工艺条件下不同班次差别很大，这种差别足以引起高炉炉况波动，具体原因没有数据可查。

2.3 因为没有一次料场进行初步混匀，原料受冻块、水分、粘度等因素影响，配比过程中不可避免发生波动现象，尤其钒钛铁精粉更加难以控制。

2.4 冬储生产方式危害多多。公司处于内地寒冷区域，为保证原料足额供应，每年 9 月份都要集中采购 90-110 万吨，每吨按照 800 元，占用资金 7.2 亿元-8.8 亿元。冬季铁粉防寒苫盖、冻块破碎、物料倒运、推倒四种费用吨矿成本增加 5.6 元以上。集中采购导致附近铁粉价格攀升，每吨增加 30-50 元不等，并且质量难以控制。

如果按照现在的模式新建一次混匀料场、工程概算在 14 亿元以上，在企业资金紧张的情况下不予考虑。在保证生产供应的前提下降低原料库存，必须保证物流车辆准时按序到达。钒钛铁精粉粘度大、易结块、粘料仓壁、更易波动，同时钒钛两种元素配比控制范围比普粉缩小 10 倍以上，配比的精度要求更高。所有这些是国内外没有成熟经验。烧结矿品位和碱度稳定率与同口径化验过程的其他企业低 5%以上，经过一次料场混匀的原料比较均匀和松散，自动配料方式采取 PID 很好控制，原料配料精度控制在 1-2%之

间。

承德钒钛新材料有限公司软燃料料场与常规混匀后取用原料不同，为无混匀汽运原料直供料仓的配料方式。承担着公司所有烧结机石灰石粉、普粉、钒粉的初次混匀任务。这种方式对汽运原料的物流过程有更高的要求。料场汽运物资涉及预报、路途运输、排队制卡、点车入场、检斤、分仓直供（或落地）、卸车确认、回空一系列环节。料场现有的车辆物流管理单靠人工管理，难于覆盖物流过程每个环节且物流效率低。采用信息化智能化管控技术，确保物料配送的高效顺畅运行。

### 3 解决原燃料存在问题总体思路及其方案

利用无线通讯、定位、计量、自动化、智慧物流、智能料场、摄像识别等等系列技术，打破工种限定，对原料从物流到仓上卸料，仓下混匀、运输各个环节进行精细化、数据化、追溯化、趋势化进行无人管理。

3.1 完成“南山无人值守计量系统”实施，系统自主开发。实现南山料场计量检斤站点无人值守。料场进厂原料的计量实现无（少）人化，减少人为干预。自动、自助计量平台在汽车衡计量实现智能化控制和显示。通过 IC 卡、RFID、红外光栅、摄像头监控等设备实现车号识别、车辆位置判别、数据采集、存储和处理，增加判断，自适应，推理和自诊断功能，实现车辆上衡自动计量。采用自动识别和物联网技术研发出无人职守专利装置，为实现远程计量原料提供设备保证。并把该数据共享物流和生产单位，为高效物流，精准控制生产提供实时数据支撑。

3.2 采用软测量技术方法，实现对 36 个配料料仓的料仓料量实时测量，降低设备费用，提高中控对整体原料的管控能力。实现原料 36 个直供料仓料量的动态跟踪。直供料仓的当前料量，指导后续物料运输，该数据影响直供车和倒运物料车的物流分配。过去曾用过雷达料位计监测，但因物料不规则和粉尘等原因不能正常使用。系统采用信息化和实时库的软测量技术，开发跟踪软件，根据车辆卸入和料仓实时出料数据，研究设计料量计算模型，实时计算仓内物料储量，解决生产料仓前的发货不均、堵塞等难题。为中控实时掌握现场情况不断优化物流，达到物流与企业双赢格局。

3.3 自行研究发明实物校准设备、采用国际最高标准实物校准配料皮带秤。发明电子皮带秤的移动式实物校准装置，这种实物校准装置在不增加实物校秤斗、不用清空生产圆盘、不用影响生产的情况下对皮带秤进行实物校准，实物校秤的标准物料与皮带秤平时秤重物料料种、流量和状态都相同，完全满足国际标准实物校秤的各项要求，配料皮带秤精度达到世界一流水平，保证精准配料要求；同时研究了防止料斗堵塞方法，确保原料输送高效顺畅。

3.4 完成原料质量性价比系统分析、指标评价、质量稳定性分析，实现原料需求计划的系统自动制定、线性规划法进行烧结矿原料配料优化。采用 IDATA 开发平台，建立原料三级计量体系比对平台，实现铁前原料的性价比分析、质量分析、到货情况跟踪。加强对炼铁、烧结原料的质量监督，实现对原料质量的综合评价。系统实现对焦碳、铁精粉、球团矿、铁前煤和熔剂等原料的质量分析评价，同时实现对混料、烧结矿等中间品的质量分析评价；实现原料需求计划的系统自动制定、线性规划法进行烧结矿原料配料优化。

### 4 实施过程

4.1 对南山料场的多台入场无人值守计量设施进行智能化改造，实现南山进厂物料汽车衡远程自助、自动计量管理工作，采用一体式终端机系统，实现南山 6 套汽运计量设施的无人值守自动自助计量。

（1）车号识别、栏杆机、照明灯、红绿灯、红外对射装置自动监控

通过车号识别系统、栏杆机、照明灯、红绿灯、红外对射装置自动监控，实现车号自动识别，实现司机不下秤自动计量，缩短计量用时。

（2）计量过程视频实时监控

计量过程实现视频实时监控，视频信息与物流信息、车辆信息一一对应，实时掌握车辆和计量的全过程，利用先进的红外探测技术确保车辆完全上秤，达到准确计量。

（3）物料信息全程系统管控

实现物料信息全程系统管控，降低计量人员工作强度和操作技术要求，使计量过程无人参与，防止物料信息的人为干扰现象。

#### (4) 计量业务集中管控

实现计量业务集中、计量信息集中、远程视频监控、现场无人值守，计量智能化，自动化，降低失误差，节省岗位人员。

#### (5) 对计量及信息网络的分布式综合监控

采用 Zabix 开源平台实施对料场计量及信息网络的分布式综合监控，降低智能设施及网络设备自身的运行风险，增强后台运维人员对系统的掌控能力，提高各种设施运行的稳定性、可靠性，降低各级网络维护人员的维护风险和运维能力要求的门槛。

图 1 为南山无人值守量子系统智能装置配置示意图



图 1 南山无人值守量子系统智能装置配置示意图

### 4.2 采用软测量方法实现南山料仓料量智能跟踪的实施

经采用软测量技术，利用信息化和实时数据库技术，开发新的应用软件，根据车辆卸入各仓数据和料仓实时下料数据，研究出仓位数学模型实时计算仓内原料储量，在中控实时显示料仓仓位。对现有的信息系统进行开发，利用实时库技术开发实时计算储量和仓位的程序，并预测仓内物料的可用时间，供中控和料管人员实时掌握各料仓情况。减少人工工作量，提高直供效率，确保生产顺利进行。料仓料量的软测量实施效果如图 2 所示。



图 2 料仓料量的软测量实施效果图

### 4.3 引入国际权威公认的 R50 标准对烧结机配料设施进行实物校准，配料设施精度达到国际一流水平

研发三种规格移动校秤装置，皮带秤前部接标准物料，采用新式反向校秤法对皮带秤实物校准。从改变传统操作流程入手，由原来先检斤标准物料改变为后检斤标准物料，由汽运检斤衡制作标准物料改为现场吊钩秤制作标准物料，由装载机装料进入料斗自动定时放料到料斗，短时间完成大量实物校准过程。

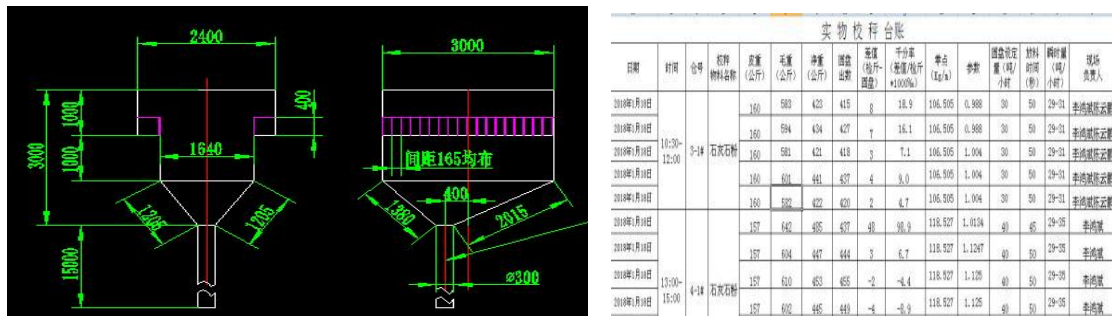


图 3 实物校准皮带秤和数据

#### 4.4 原料体系多种评价方法

一是原料指标的品质水平(Q)；二是原料质量指标的稳定程度(S)。所以对原料的评价也是从这两个方面进行。其中，原料指标的质量水平评价是通过与合同指标中值比对的办法；原料指标的稳定性评价是根据原料指标的离散程度，计算得到评价结果。

指标品质评价结果和指标稳定性评价结果分别为0-100的成绩分值，最后按照指标品质评价结果的60%和指标稳定性评价结果的40%得到一个综合评价结果。首先要根据原料各指标的重要程度，给各指标分配0-100的权重值(W)，权重值的总和为100，各个指标的权重值是原料评价计算的基础。以铁矿粉为例，选取Tfe、SiO<sub>2</sub>、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub>、S、H<sub>2</sub>O进行评价。根据指标的生产工艺的影响程度，分配的权重分别为：35、25、10、10、5、15。

以原料采购合同指标的中间值为基准，确定出各指标允许偏差的上下限，并根据指标对工艺的影响状况，确定指标数值到达上限和下限时获得满分还是零分。

根据以下规则计算得到指标品质评价结果：

(1) 指标超过上下限时，指标只得满分(权重分)或零分。

(2) 指标在上限和下限区间时，按比例计算所得分值。

$$Q_i = W_i \times (T_i - \bar{X}) / (T_i - Z_i) \quad (1)$$

式中  $Q_i$ ——指标品质评价结果

$W_i$ ——指标权重值

$\bar{X}$ ——指标平均值

$T_i$ ——指标上限值

$Z_i$ ——指标下限值

(3) 某供应商原料综合评价得分为指标品质评价结果的60%加上指标稳定性评价结果的40%。

$$Score = Q \times 60\% + S \times 40\% \quad (2)$$

式中  $Score$ ——综合评价结果

$Q$ ——指标品质评价结果

$S$ ——指标稳定性评价结果

评价指标稳定性的办法较多，常规的评价方法仍是以指标中值为基准，计算指标数据在中值上下限范围内的百分比。

$$S_i = \text{指标合格个数} / \text{指标总个数} \times 100\% \quad (3)$$

这种方法的缺点只考虑了原料指标相对于合同中值上下限范围的情况，而未考虑原料自身稳定性的情况。另一种方法是根据各指标的离散度，计算指标的稳定性。指标标准偏差采用的公式为：

$$D = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

式中  $D$ ——指标的标准偏差

$x_i$ ——指标数值

$\bar{x}$ ——指标平均值

$N$ ——原料检验批次数

由于各指标的离散性要统一在同一水准上，所以采用各指标的相对标准偏差作为原料品质离散程度的数据。在实际应用中，还要根据各指标的特点，对相对标准偏差的大小进行调整，使各指标的相对标准偏差在相对接近的数量范围，以避免大的偏差指标淹没其它偏差指标的影响。最后得到原料的稳定性数据  $S_i$ 。

$$S_i = 100 - K_i \times (1 / \bar{X}) \times D_i \times 100 \quad (5)$$

式中  $S_i$ ——指标稳定性结果

$K_i$ ——调整系数

$\bar{X}$ ——指标平均值

$D_i$ ——某指标的标准偏差

## 5 结束语

冶金企业只有实施多种技术、多种方式高度融合，利用现有自动化装备和当今社会信息技术，补足企业短板，实现原燃料精准管控。