广西钢铁 500m^2 烧结机皮带秤配料稳定性提升改造实践

□宋金铭[1]　刘满铭　黄连超　袁应文[2]

1. 广西钢铁集团有限公司　2. 长沙华飞自动化设备有限公司

【摘　要】烧结配料是决定烧结矿质量与高炉顺行的关键环节，因此皮带秤的计量精度至关重要。本文针对广西钢铁烧结车间原有皮带秤存在的计量误差大、维护频繁、校秤工作量大等问题，通过将皮带秤原计量段升级改造为整体式机架等措施，实现了±0.5% 的计量精度，并显著提升了系统运行的稳定性。改造后有效保证了烧结配料的准确性与一致性，为生产连续稳定、优化高炉操作及降低炼铁成本奠定了坚实基础。

【关键词】烧结配料；皮带秤；计量精度；整体式机架

文献标识码：A　　文章编号：1003-1870（2026）05-0020-06

Practice on Upgrading and Renovating the Batching Stability of Belt Weighers for 500m^2 Sintering Machine in Guangxi Iron and Steel Group

【Abstract】Sintering batching is a key link determining the quality of sinter and the smooth operation of blast furnaces, where the measurement accuracy of weighers is of vital importance.In view of the problems existing in the original belt weighers in the sintering workshop of Guangxi Iron and Steel Group, such as large measurement errors, frequent maintenance, and heavy scale calibration workload, this paper adopts measures such as upgrading the original measuring section of belt weighers into an integral frame. The transformation achieves a measurement accuracy of ±0.5%, and significantly improves the stability of system operation. After the renovation, the accuracy and consistency of sintering batching are effectively guaranteed, laying a solid foundation for continuous and stable production, optimizing blast furnace operations, and reducing ironmaking costs.

【Keywords】Sintering batching；belt weighers；measurement accuracy；integral frame

引言

烧结矿是高炉配料中最主要的原料之一。烧结配料作为烧结工艺的核心环节，计量精度直接决定了烧结矿的化学成分、物理强度及碱度等关键质量指标，并最终影响到高炉生产的稳定顺行与综合炼铁成本。在烧结配料生产线中，皮带秤作为保障多种物料精确配比的关键计量设备和连续累计称重的自动衡器，应用在输送散状物料的皮带输送机系统中,其计量的准确性、长期运行稳定性对全流程的稳定控制具有重要意义。皮带秤位于烧结配料现场，为满足国家环保要求，通常采用全密封结构。烧结配料设备的精度低、稳定性差一方面严重影响了烧

结矿的质量，另一方面也大大增加了皮带秤的维护工作量，影响了烧结配料的顺利进行。

为解决烧结配料过程中存在的问题，同时尽量节省改造成本，我们对原计量段结构进行改造，并将皮带秤的主/ 从动轮的包胶平型滚筒更换为铸胶腰鼓型滚筒。改造后，经一个多月的运行实践，皮带秤一直保持在 ± 0.5% 以内的计量精度（链码核查），同时大大降低了皮带秤现场维护的工作量，为烧结矿质量的稳定提升以及后续高炉的节能、高效、顺行奠定了坚实的装备基础。

1　改造前配料现状

1.1　烧结配料皮带秤工艺流程

广西钢铁炼铁总厂烧结车间的配料共有20 个配料仓，在生产过程中采用皮带秤进行物料的给料和配料，按比例进行原料的调配后混匀，再进行烧结焙烧成矿，其现场配料的工艺流程如图1 所示。

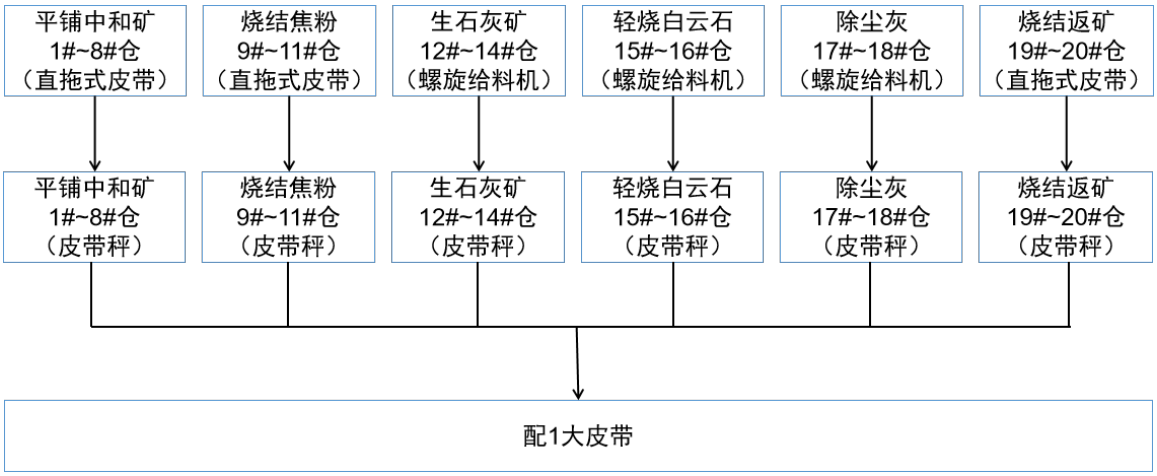


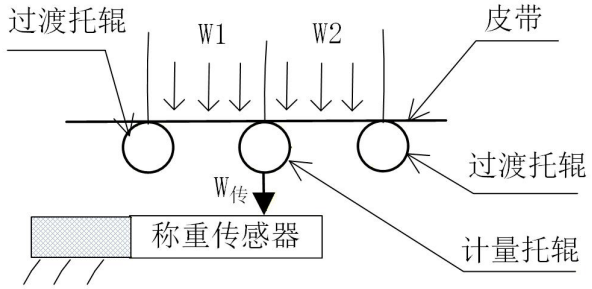
图1　烧结配料皮带秤工艺流程图

1.2　改造前皮带秤存在的问题

电子皮带秤是最容易受周围环境、实时工况影响的计量器具，保证其计量精度和稳定性是计量系统工作的重中之重[1]。烧结配料电子皮带秤在改造前主要存在的问题如下：

1.2.1　皮带秤采用单托辊计量段

每台皮带秤的计量段只采用一只计量托辊（参见图2），主要存在以下不足。



$$W_{传}=\frac{W1+W2}{2}$$

W1、W2：计量段物料的重量

$W_{传}$：计量段物料传递到传感器上的重量

图2　单托辊计量段原理示意图

（1）原理性缺陷

测量代表性差：单托辊直接垂直受力部分长度较短，同时由于皮带属于柔性材质，皮带上的物料波动、料层不均匀、大块物料等因素对计量的影响会

在计量段被放大，严重时会瞬间造成剧烈的瞬时流量跳变，导致控制系统频繁、剧烈地调整，无法稳定调节。

（2）抗干扰能力弱

皮带跑偏的影响：轻微的皮带跑偏会改变托辊的受力状态和皮带接触弧面，直接引起称重误差。

传感器安装方式的影响：两只称重传感器均采用沿皮带输送方向安装，当现场输送机本身受到输送方向的振动时，产生的作用力没有其他支点来抵消，会直接传递到传感器。

（3）长期稳定性与可靠性差

由于现场环境比较恶劣，皮带秤运行一段时间后，计量托辊容易出现表面粘料、轴承磨损等问题。此时，由于计量段采用一只计量托辊，计量段较短，会经常出现皮带秤皮重变化偏大的情况，需要频繁地进行检查和标定，对设备运行的长期稳定性造成了很大的挑战。

1.2.2　主/从动轮采用包胶平型滚筒

主/从动轮滚筒表面采用包胶工艺时，受到胶水质量、包胶工艺等影响，皮带秤运行一段时间后，随着胶水、包胶的老化，胶皮附着力会变弱。当皮带受力大到一定程度时，胶皮受到大力拉扯，会从主/从动轮的滚筒表面脱落，严重影响烧结配料生产的正常进行。

当烧结配料的配比发生变化或皮带秤的流量发生变化时，皮带的受力会发生变化，此时，采用平型滚筒的主/从动轮容易引起皮带跑偏，进而影响皮带秤的计量稳定性，同时也容易造成皮带的刮伤。

1.3　采用链码进行标定

现场皮带秤采用全密封结构，生产过程中当皮带秤的计量精度降低，不能满足烧结配料工艺时，一般采用链码进行重新标定。标定时，由于皮带秤采用全密封结构，需要先将皮带秤的上密封罩全部拆除，然后将链码在皮带上固定好，进行皮带秤的标定操作，标定好后再拆除链码，重新安装好皮带秤的密封罩。链码标定的工作量大，增加了现场维护人员的工作强度，同时也对烧结配料生产的顺利进行造成了一定影响。

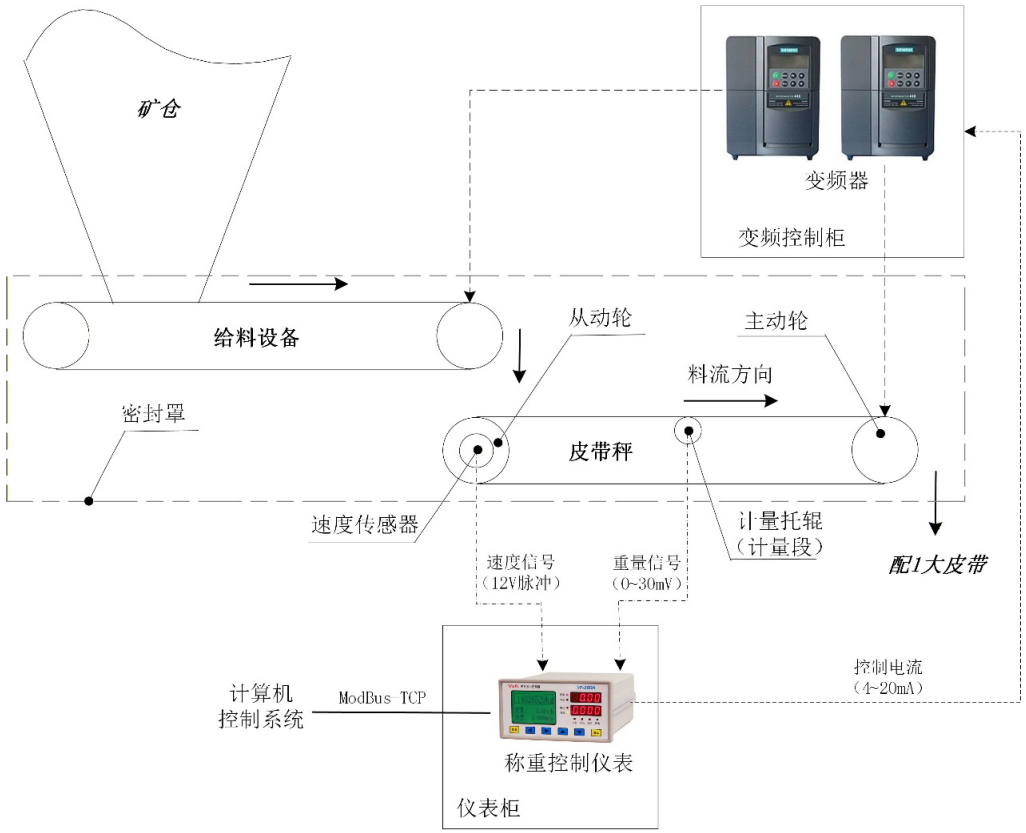


图3　皮带秤控制原理示意图

2　皮带秤改造方案

2.1　皮带秤控制原理及计量误差来源分析

烧结配料皮带秤主要由输送设备、称重秤架（计量段）、速度传感器和称重仪表等几部分组成。给料设备和皮带秤安装在矿仓下方，采用双变频调节方案。系统运行时，称重控制仪表实时采集皮带秤皮带上物料的重量信号和皮带的速度信号，经处理得出皮带秤实际流量，仪表将实际给定流量与设定流量不断进行比较，并经变频器调节给料设备的给料速度，皮带秤的速度与之相应调整。给料设备将物料按给定流量从矿仓下拉出后，将物料给到皮带秤上，物料在皮带秤上计量后，输送到下游的配1 大皮带输送机上，如图3 所示。

根据皮带秤的原理：皮带秤的流量= 皮带上物料的负荷× 皮带的速度。影响皮带秤的计量精度因素主要包括速度传感器与称重传感器的信号采集，以及信号的传输、称重控制仪表对信号的处理及算法等，称重传感器采集的物料重量信号准确性是影响电子皮带秤计量精度的根源。烧结配料过程中，当皮带秤计量精度不满足工艺要求时，对皮带秤进行重新标定后，如皮带秤的料况和配比相对稳定，皮带不跑偏时，在一段时间内，皮带秤的计量精度基本能满足现场工艺要求。结合现场维护和管理人员对皮带秤配料的长期观察和分析，基本排除了速度传感器、信号传输线路、称重控制仪表对皮带秤精度的影响，或不是主要原因。

对比观察称重传感器采集信号的数据变化，我们认为，皮带秤计量误差主要由计量段物料重量传递到称重传感器的误差引起。因此，为有效提高皮带秤的计量精度，同时为节省改造成本，我们决定主要对皮带秤的计量段进行改造。同时为解决皮带跑偏问题，更换皮带秤的主从动轮。

2.2　计量段改造

将原皮带秤上计量段由单托辊结构更换为整体式机架结构（见图4）。主要内容包括：

（1）称重传感器的选型

在改造过程中，针对皮带秤的特点，传感器选用高精度的单点式称重传感器。该传感器具有抗偏载能力强、综合误差及四角误差小、环境适应性好的特点。它专门针对传感器上方的称重平台而设计，特别适合于皮带秤上有一定称量平面区域的计量段。

（2）计量段的设计

计量段用于将皮带秤上输送物料的重量准确传递到称重传感器上。根据称重传感器的特点，计量段采用整体式机架结构，增加了计量段直接垂直受力的区域，确保了计量段有一定的稳定称量平面。传感器的安装方式垂直于皮带输送方向，两只传感器采用对称安装，有效降低了物料波动及输送机设备振动等因素对传感器带来的影响。

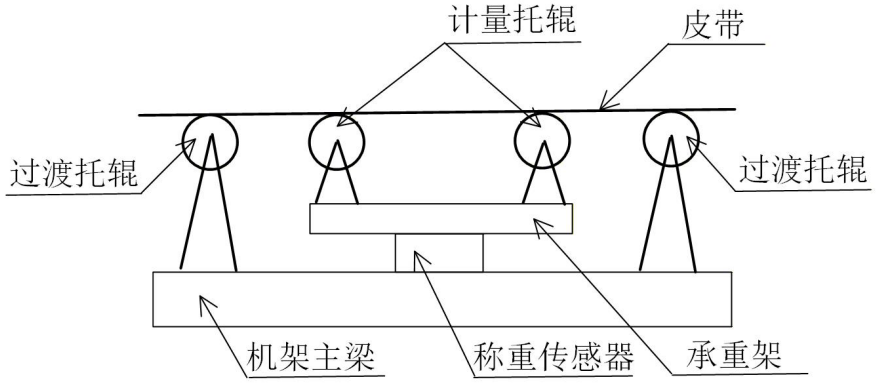


图4　整体式机架原理示意图

（3）计量段的加工

每套整体式机架含两组计量托辊、两组过渡托辊，托辊外圆进行精加工：径向跳动小于0.15mm，轴向跳动小于0.3mm。两组计量托辊通过承重架安装在称重传感器上，称重传感器和过渡托辊均安装在机架主梁上，在出厂前，整体式机架在专用平台

上组装和调平，确保过渡托辊和计量托辊两者的上表面在同一个水平面上，传力机构与传感器合理匹配。

（4）挂码标定装置

日常标定时，将链码标定改为挂码标定方式。每套整体式机架各配一套挂码标定装置，准确模拟实物受力方式，采用拉式传力结构，均衡固定在计量段上。挂码杆直接伸出皮带秤密封罩，标定时，可在不打开密封罩的情况下直接将挂码盘及砝码吊挂在挂码杆上，或从挂码杆上取下。

2.3　主/从动轮改造

一方面，电子皮带秤称重传感器一般采用电阻应变片原理，每只称重传感器采用四片电阻连接成惠斯通电桥电路。传感器接受激励电压后，根据受力的变化会输出不同的信号电压（0~30mV）。当皮带跑偏时，由于物料重心变化引起传感器受力变化，会导致称重传感器输出信号的失真。另一方面，电子皮带秤速度传感器一般采用增量式编码器原理，由于输出的是固定幅度电压（12V）脉冲信号，能准确反映皮带的速度。当皮带在主/从动轮上打滑时，会导致速度传感器的输出脉冲数量失真。因此，在电子皮带秤的国家标准中，对皮带的跑偏和打滑都提出了相应的要求。

本次改造时，我们对主/从动轮采用腰鼓型铸胶滚筒。铸胶时，金属滚筒表面先进行喷砂预处理，去除表面的杂质和氧化层，再采用硫化工艺，多层铸胶，确保铸胶厚度达到20mm。铸胶后，胶层牢固地粘接在滚筒表面，确保长期运行不脱落。

铸胶后，再将滚筒加工成腰鼓型。采用腰鼓型铸胶滚筒时，由于皮带和滚筒的接触面均为橡胶，显著增加了皮带与主/从动轮滚筒表面之间的摩擦力，确保皮带秤长期运行皮带不跑偏。同时，由于滚筒采用腰鼓型，皮带中心的拉力比两侧的拉力稍大，皮带始终会保持在滚筒中间运行，且皮带秤运行越久，皮带越不会跑偏。

3　改造前后的误差对比

电子皮带秤耐久性试验的定义是：“为验证被测衡器在经过规定的使用周期后能否保持其性能特征的一种试验[2]。”烧结配料电子皮带秤改造后，经过一段时间的运行，设备的稳定性良好，计量的准确率在误差允许范围内，表1 内容为：皮带秤改造前的核查误差数据、在改造完成后设备运行一个月的前后两组核查误差数据。核查误差是指：采用链码，运行 10 分钟，10 分钟内理论重量与皮带秤测量反馈重量误差。一个月后的复核误差是在不改变设备参数情况下直接上链码测试得到的结果。

表1　皮带秤改造前后的误差记录

仓号	1#（%）	2#（%）	3#（%）	4#（%）	5#（%）	6#（%）	7#（%）	8#（%）	9#（%）	10#（%）
改造前	–6.71	–6.2	10.51	3.38	2.75	–8.43	9.85	–1.52	2.43	–10.82
改造后	–0.027	0.090	0.376	0.317	0.183	–0.234	0.200	0.099	0.262	0.066
运行一个月后复核误差	0.121	0.027	0.333	0.272	0.043	0.094	0.242	0.442	–0.059	0.059
仓号	11#（%）	12#（%）	13#（%）	14#（%）	15#（%）	16#（%）	17#（%）	18#（%）	19#（%）	20#（%）
改造前	–10.65	4.83	–5.87	–7.11	–4.61	–1.07	–8.32	3.87	–3.38	14.00
改造后	0.208	0.153	0.333	0.125	0.139	0.198	0.200	–0.014	–0.198	–0.244
运行一个月后复核误差	–0.452	0.271	–0.125	–0.229	0.208	0.400	0.144	–0.424	0.208	0.172

从以上表格数据内容分析，皮带秤改造效果显著：①精度有效提升。采用链码模拟测试时，改造前误差普遍较大，部分超过 ± 10%，改造后各仓误差基本控制在 ± 0.5% 以内，说明测量系统的准确度得到明显改善。②稳定性良好。运行一个月后，在不改变皮带秤参数的情况下进行复核，误差多数仍在较小范围内波动，表明改造具有一定的持续效果，系统运行稳定。综上所述，改造工程整体成功，显著

提高了计量精度，在做好日常设备运维的情况下，可确保该皮带秤的模拟检定误差长期稳定在±0.5%的范围内。

4 结论与展望

本次广西钢铁500m² 烧结机皮带秤配料系统的改造，聚焦于解决原单托辊计量段精度低、稳定性差、维护频繁等核心问题。通过采用整体式机架，将单托辊计量升级为双托辊计量、主/从动轮的包胶平型滚筒更换为腰鼓型铸胶滚筒、日常标定方式从链码标定优化为便捷的挂码标定，成功实现了技术创新与工程实践的有效结合。

改造取得了显著的技术成效。直接的体现是链码模拟检定误差得到了有效降低：各仓皮带秤模拟检定误差由改造前普遍超过±5%、部分高达±10%的情况，大幅降低并稳定控制在±0.5%以内。经过一个月的生产运行后复核，误差依然保持在极低水平，证明了系统具备优异的长期精度保持能力和运行稳定性。这一根本性改善，有效解决了因物料波动、皮带跑偏及振动干扰等导致的计量漂移问题。

由此带来的综合经济效益尤为突出。首先，配料精度与稳定性的根本性提升，为烧结矿化学成分的稳定、碱度控制的精确以及物理强度的均匀性提供了坚实保障，直接促进了烧结矿成品质量的稳定与提升，降低了因成分波动引发的产品质量风险。其次，设备运行可靠性显著增强，日常维护频次大幅减少。同时，日常标定方式由复杂的链码标定改为外部挂码标定，极大地简化了流程，减少了维护工作量与设备停机时间，从而降低了持续的维护与管理成本。此外，本次改造针对关键部件进行，其成本远低于整套设备的更换，实现了有限投资下的效益最大化。因此，本项目不仅是一次成功的技术攻关，更是一项带来质量提升、成本节约和生产顺畅等多重回报的增效投资实践。

实践表明，采用整体式机架结构是解决烧结配料皮带秤在复杂工况下精度与稳定性问题的有效技术路径。该方案将过渡托辊与计量托辊都安装在整体式机架上，从而保证这几组托辊的准直性不变，显著提升了计量系统的抗干扰能力和长期可靠性，特别适用于物料变化频繁、环境干扰大的工业现场。其改造思路与具体措施，对同行业企业解决类似配料计量难题、提升产品质量控制水平、实现精益化生产具有重要的借鉴价值和推广意义。

随着智能化工厂建设的深入，需要各生产环节提供更加准确的在线过程数据，在今后配料系统改扩建时，可考虑增设在线实物校验装置，提高校验效率[3]。展望未来，随着智能制造与绿色低碳发展的深入推进，对过程计量数据的实时性与准确性提出了更高要求。后续可探索引入在线实物校验装置等先进技术，进一步提升校验效率与自动化水平。通过持续融合智能测控与数字化技术，实现对计量系统的全生命周期精度管理，必将推动烧结生产向着更加高效、稳定、环保的方向持续发展。

参考文献

[1] 王进锐. 电子皮带秤准确性的影响因素及控制措施[J]. 天津冶金,2012,(05):48-50+58.

[2] 徐厚胜. 电子皮带秤在贸易计量中的应用[J]. 中国计量,2011 (3) : 77.

[3] 岳建峰, 刘建军. 定量计量皮带秤校验分析[J]. 工业计量,2021.

作者简介

宋金铭：广西钢铁集团有限公司炼铁总厂，烧结车间，助理工程师。

刘满铭：广西钢铁集团有限公司炼铁总厂，烧结车间，主任工程师。

黄连超：广西钢铁集团有限公司炼铁总厂，烧结车间，质量工程师。

袁应文：长沙华飞自动化设备有限公司，总经理，高级工程师/硕士。曾在国内多家核心期刊上发表文章。