

宝钢智慧原料场功能开发实践

李少春

宝山钢铁股份有限公司炼铁厂，上海

收稿日期：2024年8月20日；录用日期：2024年9月26日；发布日期：2024年10月31日

摘要

宝钢原料场大修改造后，在料场动态库存管理、堆取料机无人化、作业排程、料场安全本质化方面仍存在不足，在公司大力推进智能制造和劳动效率提升的大背景下，原料场开始打造智慧、高效原料场，重点对料场库存自动盘库、堆取料机无人化、料场电子围栏、作业流程优化及智能排程、远程运维监测等功能进行开发，确保宝钢原料场安全、绿色、低碳、高效运行。

关键词

原料场，智慧，自动盘库，远程监测

Development of Intelligent Raw Material Yard in Baosteel

Shaochun Li

Ironmaking Plant, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai

Received: Aug. 20th, 2024; accepted: Sep. 26th, 2024; published: Oct. 31st, 2024

Abstract

Although raw material yard of Baosteel has been renovated, there are still deficiencies in the dynamic inventory management, unmanned stacker-reclaimer, the operation scheduling, and the safety control of the material yard. Under the background of the company's improvement of smart manufacturing capabilities and personnel efficiency improvement, raw material yard begins to build the smart raw material yard, focusing on developing the functions such as automatic inventory storage of the yard, unmanned stacker and reclaimer, safety control for raw material yard, operation process optimization and intelligent scheduling, remote inspection and monitoring, etc., so as to ensure the safe, efficient, low-carbon and energy-saving operation of Baosteel's raw material yard.

Keywords

Raw Material Yard, Intelligent, Automatic Inventory, Remote Inspection

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 前言

宝钢原料场是世界特大型原料场之一，负责宝山基地 95%以上原燃料的输入、输出，年作业量高达 1.35 亿吨。原设计宝钢原料场为露天料场，堆、取料机设备多为机上操作，劳动定员人数多、料场自动化程度低及环保风险高。针对此宝钢于 2012 年开始对料场进行封闭升级改造，矿石料场改为 B 型、C 型封闭料场，煤料场改为 P 型和 E 型封闭料场。现场单一堆料功能的堆料机全部拆除，改为堆取合一的堆取料机或移动卸矿小车，与此同时，现场原有单一取料功能的斗轮取料机也全部拆除，改为堆取合一的堆取料机、刮板机及旋转给料机设备，岗位上劳动定员和设备数量减少，劳动效率提高。随着公司降本增效及提高岗位人员劳动效率方案的推进，宝钢原料场面临现场年龄结构不合理、皮带岗位工集中退休的压力及皮带运行效率亟待再提高，倒逼宝钢原料场大力推进智能制造将原料场打造成智慧型原料场[1]。本文就宝钢智慧型原料场的开发实践进行了阐述，系统地介绍了智慧型原料场具备的功能，为钢铁行业原料场建设提供一定的参考。

2. 宝钢原料场现状及存在的问题

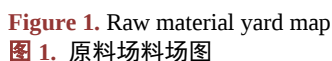
2.1. 料场库存管理

原料场日常的管理由原料管理作业区来承担，不但要对料场物料的质量、数量进行管理[2]，而且还需对料场物流、车辆作业等进行整体协调，包括：物料输出的优先级、卡车运输作业、料场整理、设备日修安排等。

在实际生产过程中，原料管理作业区利用料场图来实现物料批别和库存量的管理，而料场图是用原料代码、图形、数字和符号等来表示物料的堆积形状和库存量的平面图，先前料场图是由原料管理岗位手动绘制，其中库存量数据由皮带秤的输入、输出、原始库存量计算而得，兼顾料场实际库存情况适当调整。由于该料场图绘制对人的经验要求比较高，每周仅周二和周五才能更新，导致中控岗位无法及时掌握料场残余的物料量，造成有时取料机开至相应的料场，而相应的料场的物料已经取完，取料机跑空。此外，受料场输入、输出皮带秤的精度、来料水分不均、物料水分蒸发等因素影响，导致进厂物料量与输出物料量存在差异，因此公司每年安排两次盘库，发动不少人力对现场物料实际库存量进行核实和动态修正[3]-[5]，盘库期间现场堆取料机作业停止，现场仍然为人工目测物料数量，较为粗糙。图 1 为料场图示意。

2.2. 堆、取料设备控制现状

原料大修改造后，堆取料机共有 29 台，其中包括斗轮堆取料机 6 台，全门架/半门架刮板式堆取料机 16 台，混匀堆取料机 7 台。全门架/半门架刮板式堆取料机已具备远程自动的控制模式。斗轮堆取料机已完成远程操作改造，然而控制方式还是采用司机室进行操作。因此堆、取料设备自动控制的重点是



宝钢原料场封闭改造完成，堆取料机设备已实现远程操作，但是日常料场的巡检、设备检修和积料清扫、料场整理、卡车驳料等作业，仍然需要人员、铲车、挖机、车辆等进入料场进行相关作业，因此原料场存在堆取料设备与人员、车辆之间发生碰撞的安全隐患。造成这一问题的主要原因是：堆取料设备由中控远程操作后，中控人员无法通过摄像头及时观察到堆取料设备周边人员和车辆的状态，而进入料场的人、车辆等进入堆取料设备作业区域后也会存在安全上的疏忽，因此需要想办法避免料场堆取料机设备与料场移动的人、车辆之间发生碰撞。此外，当前料场皮带机设备主要是依靠人员巡检来发现设备故障，避免皮带机出现安全风险，随着原料场人员减少，岗位人员已难以保证全时段对设备状态进行覆盖巡检。

当前，宝钢原料场的输送流程是操作人员在过程计算机 L2 的操作画面上选择输送起点和终点后，由流程控制系统根据起点和终点自动组合生成所有满足要求的流程路径，流程控制系统通过判断流程所有设备的实时状态显示流程路径是否可用，操作人员根据提示选择某条流程进行执行。操作人员在选择流程的时候，可选择多个终点槽下发流程，流程控制系统可控制终点卸料小车进行连续自动走槽方式的加料作业。操作人员在必要的时候，可对正在执行的流程进行手工的终点槽切换，也可以在必要的时候新增一条可切换的流程对正在运行的流程进行不停机的切换，以提高生产效率。

3. 宝钢智慧原料场功能的开发实践

矿山工程



Figure 2. The original conveying process path
图 2. 原来的输送流程路径

展，宝钢原料场储运管理开始规划朝无人化、少人化、最优化、智能化的方向发展，重点对料场自动盘库、堆取料机无人化、作业流程优化及智能排程、远程运维方面等方面的功能进行完善。

3.1. 数字化料场

针对原有料场无法做到实时更新、物料储量与实际存在差异等问题，宝钢原料决定开发数字化料场系统。通过在混匀堆料机、全门架/半门架堆取料机及斗轮堆取料机等设备上增设激光扫描仪及其配套设施，实时扫描料场的料堆堆形，得出相应的体积数据，并将扫描数据实时传送到中控控制系统进行处理。这样通过虚拟现实、人工智能、激光扫描等技术手段，实现整个原料场的数字化管理，达到数据可视化、现场无人化、管理精细化的目的。此外在此基础上构建三维料场地形图，实现了自动盘库功能。盘库时无需堆取料机设备现场停机等待，可实时扫描并精确计算料堆体积，实时刷新率可达 30 秒/次，料场信息更新速度快，图 3 为数字化料场图。

3.2. 堆取料机无人化

堆、取料设备要实现无人化升级改造，首先要在斗轮堆取料机、混匀堆料机机上增加激光扫描仪设备，与数字化料场系统图像服务器建立通讯，利用图像服务器中料堆三维图像数据，对当前料场的状况



Figure 3. Digital raw material yard map

图 3. 数字化料场图

进行监控，直观展示料堆的形状及存料情况，为补堆、取料作业的落料点提供依据。此外，斗轮堆取料机需部署多区域视频监视系统，可以实时监测料场工况、大车位置和设备状态信息，确保取料机无人化作业的安全性、可靠性。具体实践如下：

1) 斗轮堆取料机实现自动堆料功能。堆料机收到自动堆料指令信息，无人化智能控制系统根据堆料的工艺，将动作指令发送给机上 PLC 控制料机自动进行堆料作业。

2) 斗轮堆取料机实现自动取料功能。取料机收到来自中控的自动取料指令信息，结合数字化料场系统图像服务器中动态三维图像信息，过程控制系统将动作指令发送给机上 PLC 控制料机自动完成作业定位并自动进行取料作业。

3) 斗轮堆取料机取料流量的恒定控制。取料过程中，实时采集取料流量，通过对斗轮电流和流量的 PID 调节来控制取料流量。

无人化实施后，在少量的人工干预下，堆取料机可在大车无人驾驶的情况下进行自动化的堆取料作业，6 台混匀斗轮堆取料机全部转入中控远程 1 个工位，在人工确认对位后能实现中控远程自动控制。

3.3. 作业流程智能化

3.3.1. 作业流程的节能

料场大修改造后，常用流程数从原 6000 个减少到当前 4100 个，减少约 32%。然而有时作业流程可选择的仍然较多，同起点、同终点的最大流程数超过 60 条。针对此，在原有作业流程的基础上，增设流程设备总功率、流程皮带总长度显示。中控岗位人员作业时，只要确定作业起点和终点后，系统自动推荐可用流程，实时显示当前流程皮带总长和总功率，供岗位人员选择最佳节能流程，图 4 和图 5 为新的流程输送路径及历次修改版本。

3.3.2. 开发输出作业智能排程系统

针对当前流程的“决策”还是由人决定的，“智能化”还是不够。开发出新的智能排程系统，通过

流程选择决策

立即执行 作业预定 取消 搜索流程

计划策略

☐ 合流 ☐ 忽略品种 ☐ 同时开槽 ☐ 连续走槽

起始位置选项

☐ 槽 ☒ 料场 ☐ 其他

终止位置选项

☒ 槽 ☐ 料场 ☐ 其他

起点位置组: 起点位置: 终点位置组: 终点位置:

BF 3DL BF370592 BF1-092 D303 BF1-092

起点设备 终点设备

☒ 3BRN ☒ F80STR

BF370592 D303

添加 删除 堆料

取消

☒ 长度 详细流程信息:

☐ 功率 3BRN_F808_1 不可用 FX801_FX803R 长度: 2116.96m

起始设备名: 3BRN 品种: BF1-092 设备状态

终止设备名: F80STR 目标量:

流程恢复

恢复流程运行号: 恢复流程 ☒ 执行流程后关闭窗口

Figure 4. New conveying process path

图 4. 新的流程输送路径

流程选择决策

立即执行 作业预定 取消 搜索流程

计划策略

☐ 合流 ☐ 忽略品种 ☐ 同时开槽 ☐ 连续走槽

起始位置选项

☐ 槽 ☒ 料场 ☐ 其他

终止位置选项

☒ 槽 ☐ 料场 ☐ 其他

起点位置组: 起点位置: 终点位置组: 终点位置:

BF 3DL BF370592 BF1-092 D303 BF1-092

起点设备 终点设备

☒ 3BRN ☒ F80STR

BF370592 D303

添加 删除 堆料

取消

☐ 长度 详细流程信息:

☒ 功率 3BRN_F808_1 不可用 FX801_FX803R 功率: 1760kw

起始设备名: 3BRN 品种: BF1-092 设备状态

终止设备名: F80STR 目标量:

流程恢复

恢复流程运行号: 恢复流程 ☒ 执行流程后关闭窗口

Figure 5. Modified version of process path

图 5. 流程路径修改版本

模拟作业人员操作思维逻辑，结合料场情况、用户配料需求等，由智慧应用系统自主选择和执行流程，判断终点用户槽的料位情况、流程设备状态、检修计划、可用品种等自动生成并执行最优输送流程或智能切换现有流程，同时可对终点槽的料位进行预测，自动生成流程执行队列，并可对排队任务进行时序动态调整。目前该智能排程作业已经在煤输出区域实施，并已经实现了人工不上系统，偶尔只需简单干预，真正达到了排程智能化。图 6 为煤输出智能排程，后续将逐步推广到作业情况更加复杂，多用户共用系统的矿石输出区域，确保在宝钢原料场全部实现智能排程。

1.流程调度		9. 烧结矿湿匀矿供料排程		7.煤场料堆取料优先级		2.流程监控		6.煤输出系统排程	
刷新		计划人工确认							
焦煤	品种	料位(%)	高料位(%)	低料位(%)	起点库位	推荐	过破碎		
A1	CGQ1-G-481	75.5	97	60	CC371453	添加计划	过破碎		
A2	CSJ1-C-482	80.8	99	60	CF13	添加计划	否		
A3	CEG1-M-481	69.3	97	60	CC212274	添加计划	否		
A4	CHX1-F-451	97.3	99	60	CE12	添加计划	否		
A5	CQX1-L-492	86.0	99	60	CE01	添加计划	否		
B1	CULR-F-481	94.3	97	60	CF12	添加计划	否		
B2	CUBL-G-481	69.7	97	60	CA325410	添加计划	否		
B3	CAXB-C-491	75.4	99	60	CE06	添加计划	否		
B4	CDZ1-C-481	74.5	97	60	CE03	添加计划	否		
B5	CCM1-C-481	80.8	97	60	CF06	添加计划	否		
C1	CEG1-M-481	83.5	97	30	CC212274	添加计划	否		
C2	CULR-F-471	95.2	97	30	CF12	添加计划	否		
C3	CDZ1-C-481	100.0	97	30	CE03	添加计划	否		
C4	CGQ1-G-481	84.7	97	30	CC371453	添加计划	否		
C5	CAXB-C-483	75.4	97	30	CE06	添加计划	否		

Figure 6. Intelligent scheduling of coal output
图 6. 为煤输出智能排程

3.4. 料场安全本质化管控

3.4.1. 料场堆取料设备防碰撞监测

为了避免料场堆取料设备与移动的人、车辆发生碰撞，原料场开发了堆取料设备防碰撞监测技术。通过在堆取料设备上安装摄像头，每个摄像头监控不同的区域，利用目标跟踪技术，通过视频监控，对非法闯入的移动物体进行侦测识别。一旦发现移动人、车辆闯入禁区时就抓拍图像并在图像上勾画出该移动物体，触发语音报警装置，同时传送信息至堆取料设备控制系统，告知堆取料设备需立即停止运转并待机，同时将文字信息传送到中央控制室，从而达到避免堆取料设备与移动的人、车辆之间发生碰撞可能，图 7 为堆取料设备防碰撞监测示意图。

3.4.2. 建立皮带机运行监测系统

随着原料场定员的减少，单纯的依靠岗位去实现设备状态监控，已经无法满足料场实时安全管控，需要利用新技术来实时监测设备的状态，而在炼铁烧结区域部分重要的皮带机已经初步建立了皮带机在线监测系统，因此 2023 年，炼铁厂以原料场破碎区域为试点自主实施皮带机专业远程运维系统，该系统是基于 iEDAS 平台，系统通过增设温振传感器、红外双视摄像、光纤测温、声纳检测等将设备状态数字化，结合已有的 PLC 信号直观反应流程设备的运行与健康状态，将皮带机三维建模，通过多角度切换，可显示皮带机各部件的状态信息，并且利用 iEDAS 平台统一的规则报警推送功能，将异常信息送到 iEQMS，进而实现皮带机远程看护，降低点检负荷，图 8 为 K172 皮带机实时监测。

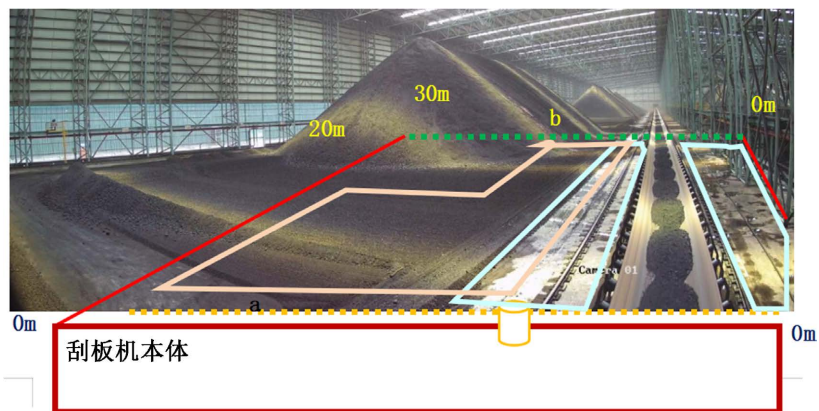


Figure 7. Collision prevention monitoring diagram for Stacker reclaimer
图 7. 堆取料设备防碰撞监测图

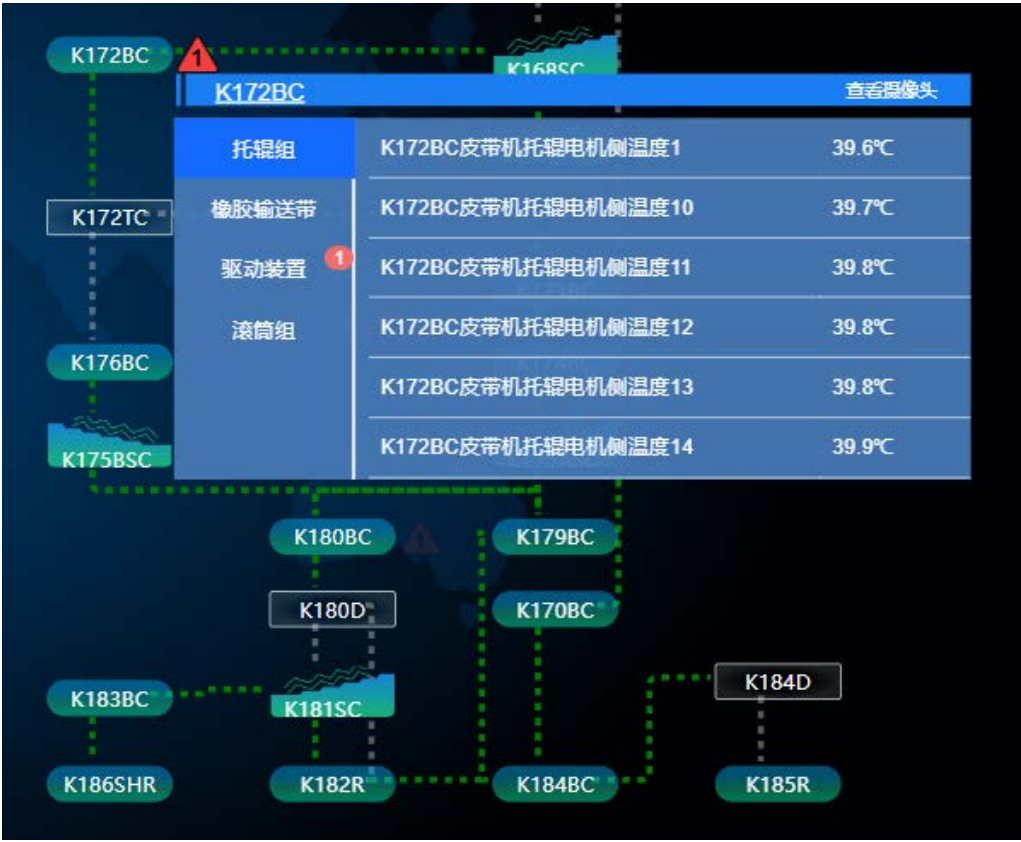


Figure 8. Real time Monitoring for K172
图 8. K172 皮带机实时监测

4. 效果

上述措施在宝钢原料场实施后，达到如下效果：

- 1) 采用智能排程后，中控岗位人员只需做一些简单的确认或故障排除工作，无需人工手动上系统，可防止因人工疲劳、误操作等因素导致录入信息出错，劳动效率明显提高。
- 2) 远程巡检系统投入后，岗位人员可以通过监测平台看到设备的运行状态，做到实时管控设备状态。

3) 采用“能耗优先策略”的作业流程选择最优的路径,可以降低整体作业流程的能耗。

5. 展望

1) 当前料场管理采用人工测算的方式无法做到实时更新料场库存信息,引入数字化料场后,可做到实时扫描、更新,有利于原料中控作业的安排及输入排程的准确,后续在料场实时盘库精度上还需要继续研究。

2) 现场少人化和无人化是未来原料场发展的趋势。堆取料机开发出自动对位、自动换层、自动控制、安全判断等功能,有助于进一步提升料场自动化水平。

3) 当前原料作业流程的制定和选择,智能化水平还不够,要做到完全的智能排程,需要不断地模拟作业人员思维逻辑不断地改善。

4) 随着大数据的发展,原料场还将加大远程运维监测系统的建设及投入,为堆取料机等设备增加测温测震等先进监测技术,实现对设备状态信息的远程监测,助力原料料场更加高效。

6. 结论

1) 原有传统型原料场,在料场自动盘库、堆取料机操作、料场管理安全本质化、作业流程安排上更多地是依赖岗位人员,劳动效率低下。而智慧型原料场推动储运管理朝操作无人化、设备少人化、排程最优化、安全智能化的方向发展。

2) 料场自动盘库,可及时掌握料场品种实时数量及分布,有利于原料中控作业的安排及智能排程的推进。

3) 图像识别、测温测震技术的大力推广,有助于原料场安全本质化能力提升。

参考文献

- [1] 吴旺平. C型封闭料场在宝钢的投产应用[J]. 烧结球团, 2017(2): 53-56+61.
- [2] 朱仁良. 宝钢大型高炉操作与管理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2015.
- [3] 朱银华, 胡乃联, 王洪松, 等. 原料场库存量智能管理系统的开发[J]. 冶金自动化, 2007(S2): 361-364.
- [4] 刘占稳, 刘建业, 王亚伟. C型料场料堆体积计算[J]. 钢铁技术, 2013(2): 2-7.
- [5] 李世新. 如何提高大宗原燃料盘库的准确性[J]. 水电技术, 2010(18): 389.