

废钢库行车智能化升级改造设计与应用

车海荣 杨永俊

广东中南钢铁股份有限公司 广东 韶关 512123

【摘要】：针对某钢铁企业废钢库行车设备老化、作业环境恶劣、装卸效率低等问题，本文提出并实施了一套行车智能化升级改造方案。该方案通过更新1台QC型电磁盘起重机，集成格雷母线定位、激光三维扫描、防摇控制、无线通信等关键技术，构建了智能行车控制、地面安全管理、车号识别、视频监控于一体的智能库区系统。改造后，行车具备自动、手动、遥控、远程驾驶四种控制模式，自动作业率可达98%，单车卸车时间由45分钟降至40分钟，每班作业时间由6小时提升至7.5小时，年节约人工成本59.2万元，年综合盈利12.62万元。实践表明，该方案有效解决了废钢库作业技术要点，为同类物料储运场景的智能化升级提供了可参考的技术路径。

【关键词】：废钢库；智能行车；自动化控制；电磁吊

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.007

1 概述

废钢是钢铁生产的重要原料，其装卸、转运作业的效率 and 安全性直接影响炼钢生产的连续性与成本控制^[1]。然而，废钢库作业长期面临“3D”（Dirty、Dangerous、Difficult）岗位困境：行车司机在高粉尘、高噪音环境中长时间作业，依赖地面人员通过对讲机指挥操作，不仅劳动强度大、工作环境恶劣，且人机交互频繁带来的安全隐患不容忽视^[2]。

某钢铁企业废一库的2号行车已服役超过30年，电气及机械故障率逐年攀升，备件采购困难。同时，该库区作业涉及多种废钢物料的装卸、倒运和清料，流程复杂，人工操作的标准化程度低，直接制约了物流效率的提升。随着企业智能制造战略的推进，对该行车实施智能化升级改造，实现从“人工驾驶”向“智能驾驶”的跨越，已成为迫切需求^[3]。

本文以废一库行车智能化升级改造项目为研究对象，系统阐述改造方案的设计思路、关键技术及实施效果，以为钢铁行业废钢储运环节的智能化转型提供参考。

2 分析现状分析与改造目标

2.1 库区现状与问题诊断

结合废钢堆放场所加棚改造项目内容，废一库南头作为废钢集中加工场地，北头区域可以整体作为行车智能化改造场地，相对废三库场地，受外部因数影响更小，改造条件更为优越。经业主确认，对废一库2号行车进行智能化改造，改造区域为废一库（带棚

部分）的北面60米范围内，其主要参数如表1所示。

表1 改造前行车主要技术参数

参数	数值	参数	数值
起重量	10 t	主起升速度	12 m/min
工作级别	A7	大车速度	90 m/min
跨度	31.5 m	小车速度	48 m/min
起升高度	12 m	驱动方式	电阻切换

库区物料种类涵盖散料、外购打包块、钢筋切粒三大类，其中外形规则的散状废钢（如破碎料、工业余料、炉料等）占比约60%，是自动化作业的主要适用对象；中废、重废等异形料及压块类物料，因形状不规则或堆叠困难，暂保留人工或遥控作业模式。

经系统诊断，现存问题可归结为三个层面：

（1）从设备寿命角度分析：废一库现有2号行车已使用30多年，行车元器件及钢结构老化，电气及机械故障率高，且不安全。改造后更换新行车，能解决此问题。

（2）从人员安全及作业环境角度分析：废钢堆场扬尘大，行车司机工作环境恶劣，作业频率高，属于3D岗位。此环境对司机身体有较大的影响。改造后使用智能驾驶的行车，行车司机在远程中控室内集中操作，工作环境得以改善。

（3）人工装卸效率低，行车司机需要在地面人员无线对讲机指挥下进行装车、卸车、倒运等操作，且

夜间作业容易出现安全事故。行车进行智能化改造后，行车作业动作标准统一，提升安全性。

为解决该区域行车设备老化、作业环境恶劣及作业标准化等问题，达到生产管理集约型，安全本质化的目的，有必要实施本项目。同时还能提升生产作业率。如下图1所示：

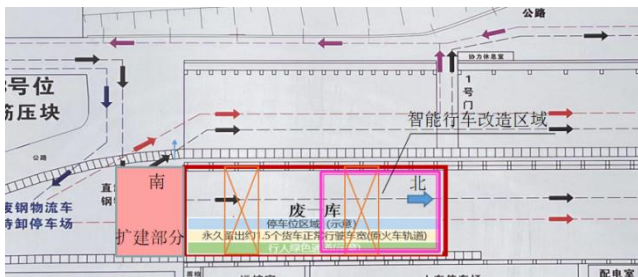


图1 废一库行车改造示意图

2.2 改造目标设定

项目确立以下量化改造目标：（1）改造完成后，废一库的废钢装卸行车操作人员减少1人，并在中控室操作。（2）改造完成后，2号行车具备自动、手动、地面遥控、中控室远程控制四种操作模式。2号行车自动模式的作业率 $\geq 98\%$ ，行车操作工在行车驾驶室的作业时间占比 $\leq 2\%$ ，单车的卸车时间 ≤ 40 分钟（平板车、散状料）。（3）改造完成后，每班的行车作业时间由改造前的约6小时增加至7.5小时。

3 关键技术

3.1 系统总体架构

智能库区系统采用“设备层—控制层—管理执行层—应用交互层”四层架构。智能库区系统由智能行车、主机设备、网络设备、人机交互设备、激光扫描子系统、地面安全管理与警示子系统等组成，并与相关信息系统进行数据通信。如下图2所示：

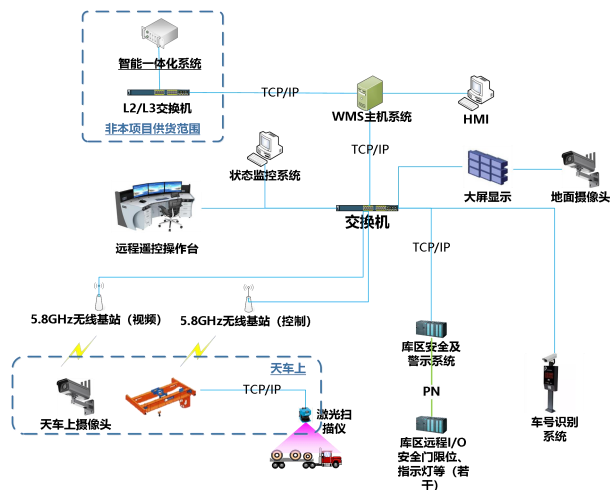


图2 智能库区系统图

3.2 高精度定位系统

测量行车在X轴（大车采用格雷母线）和Y轴（小车采用激光测距仪）方向上的距离。格雷母线定位主要由四大部分构成：格雷母线、接线箱、地址编码发生器、地址解码器。格雷母线位置检测设备其绝对地址信息真实可靠，不会有误码，无积累误差，其发射频率不产生对其他电气设备的干扰且可调，其具备如下特点：

（1）非接触工作方式：位置检测是通过安装在移动站的天线箱和敷设在行车轨道旁的格雷母线进行电磁耦合来传递信息的，无机械性接触磨损。

（2）绝对位置检测：以格雷码方式交叉扭绞排列（基准线-R线、地址线-G线、精密地址线-L线），能够在移动行车行走范围内连续地、高精度地检测绝对地址，完全可以满足移动行车精确定位的需求。

（3）抗干扰能力强：由于位置检测设备使用了特有的交叉扭绞结构、地址检测采用双线圈结构及相位检测技术，能够消除电源开、停过程中产生的电磁干扰，也不受环境噪音和接收信号电平波动的影响，能够在诸如炼钢、铁矿石场等恶劣环境条件中长期可靠的工作。

（4）适用于恶劣的工业环境：安装的电缆、天线箱、始端箱、终端箱和中继箱采用非金属材料制作而且采用密封工艺，不怕雨水、灰尘，耐酸、碱腐蚀。

3.3 3D 激光扫描与料堆建模

每台行车上设置4套激光扫描装置，分别安装在大车大梁上与小车上，相关信号集成运算后，用于：扫描获得运输车辆位置、扫描获得运输车辆上废钢的形态、扫描获得库区废钢的堆形（可预测库存），推算出取料点和卸料点，

实现以下功能：（1）识别运输车辆位置与车厢形态；（2）获取废钢堆形分布；（3）推算最优取料点与卸料点坐标；（4）估算料格库存，为库区管理提供数据支撑。

3.4 防摇控制策略

夹钳摆动是由于小车与夹钳通过柔性钢丝绳连接随大、小车的运动而产生。为了达到准确快速的把物料搬运到目标位置，通过控制行车的加减速度及速度，可减小夹钳的摆动角度。防摇控制采用闭环防摇的方式，变频器驱动电机牵引大、小车在轨道上运动，在对行车大、小车运行速度控制的基础上，通过增加对夹钳摆角的检测反馈，对设定的控制曲线进行补偿从

而实现平稳高速行驶。防摇算法集成于电气舱内的防摇控制器上。

在小车上安装防摇检测相机，用于检测吊具的摆动角度。在吊具上安装一个反光板。在行车电气舱内安装防摇控制器，用于行车防摆控制。

3.5 智能行车控制软件

智能行车控制软件对整个库区的逻辑料格、物理料格进行管理。依据出入库计划、驳运计划生成行车吊运指令，对于入库作业会依据相应的原则确定入库物料的料格，对于出库则依据作业计划，确定具体的出库物料。吊运指令生成后发送给智能行车进行作业。智能行车控制软件依据地面安全区域动态调整行车运行路线，依据多台行车的吊运指令协调行车进行等待、跟随、避让等动作。

4 实施效果与分析

4.1 功能实现

改造完成后，废钢装卸行车具有远程自动操控功能，自动完成装料作业、卸料作业等功能，实现了行车智能化，投运率可达 98%。智能化行车将按照程序指定流程步骤工作，人为操作环节减少，实现安全本质化，消除安全隐患，同时也保障了员工的人身安全。通过远程集中智能化操作，优化岗位配置，降低行车操作岗位员工的劳动强度，并让员工远离噪音污染和环境污染，操作环境大为改善。通过更新行车设备，提升了行车设备技术水平，相应地也提升了装卸废钢

的作业效率，单车的卸车时间 ≤ 40 分钟，并提高企业智能制造技术水平，增强了企业的市场竞争能力。

4.2 经济性分析、效果对比

物流部废一库行车智能化升级改造项目完成后，年增加折旧费用 37.66 万元，经营成本减少 50.28 万元，合计每年盈利 12.62 万元。项目完成后，不仅解决了该区域行车设备老化、作业环境恶劣及作业标准化等问题，达到生产管理集约型，安全本质化的目的，而且还能提升生产作业率，智能化行车的每班作业时间从改造前的 6 小时提升为 7.5 小时，单车的卸车时间也从改造前的 45 分钟缩短为 40 分钟（平板车）。改造前后关键指标对比如表 2 所示。

表 2 改造前后关键指标对比

指标	改造前	改造后	变化幅度
控制模式	仅人工驾驶	四种模式	—
单车卸车时间	45 min	≤ 40 min	-11.10%
每班作业时间	6 h	7.5 h	25.00%
每班操作人员	2 人	1 人	-50.00%

5 结论

本项目的成功实践表明，以行车智能化为核心的废钢库升级路径是必要、可靠且经济可行的，可为国内钢铁行业同类散料储运场景的智能化改造提供有价值的借鉴。后续将进一步研究压块、异形废钢的自动识别、抓取等方面技术，拓展后续工程的适用范围。

参考文献：

- [1] 中国废钢铁应用协会.中国废钢铁产业“十四五”发展规划[R].北京,2021.
- [2] 张松,李国栋.无人化行车技术在钢铁行业的应用与发展[J].冶金自动化,2021,45(4):12-19.
- [3] 王建华.基于 3D 视觉的废钢智能天车系统设计与实现[D].沈阳:东北大学,2020.
- [4] 钢铁行业智能制造联盟.钢铁行业智能制造解决方案推荐目录[R].2022.