

自动化立体库技术在有色行业中的应用研究

冯敏¹, 谢清明¹, 刘望保¹, 董博², 刘毅², 胡均平³

(1. 株洲优瑞科有色装备有限公司, 湖南 株洲 412000; 2. 阳新弘盛铜业有限公司, 湖北 黄石 435200;

3. 中南大学机电工程学院, 湖南 长沙 410006)

[摘要] 建设自动化立体库是高效管控有色金属企业产品库存的最佳解决方案,国内有色行业在这方面尚处于发展阶段。阳新弘盛铜业有限公司阴极铜自动化立体仓库设计运用了三维运动仿真、有限元分析、5G通讯等多项技术,同时搭建了由智能决策管理系统、智能控制系统、智能运维系统三大子系统组成的智能管控系统,实现了RGV转运、预称重、配重、规整、打包、贸易称重、贴标、扫码等自动功能,使立库运行高度智能化、自动化、无人化,该项目的实施满足年产40万t高纯阳极铜的转运、存储的吞吐需求,具有行业示范效应。

[关键词] 立体库; 阴极铜; 决策; 控制; 运维

[中图分类号] TP273

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2022)02-0045-07

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.02.011

0 引言

国内有色冶炼企业生产工艺末端即有色金属成品的存取方式相对落后,需要人工叉车叉取转至堆场,物流装运均靠叉车或人工操作行车进行装车作业,环境较为恶劣,人工作业强度高、生产效率低、使用成本高,且招工困难。另一方面,生产落后对企业精细化管理,尤其产品库存的高效管控增加了难度^[1]。因此相关的工艺流程实现自动化、智能化、无人化已迫在眉睫。自动化立体仓库的建设能解决燃眉之急,并取得很好的社会 and 经济效益^[2-3]。

在相关报告中,指出要推动国家制造产业链的升级,要推动国家新兴产业的发展,大幅提高科技创新的支撑能力,拓展5G技术在各个行业的应用等。国家出台了一系列配套政策推动高端智能再制造的切实落地,在这个大的政策背景之下,有色冶炼行业的技术升级,现代立体仓储技术的运用,使生产实现自动化、智能化、无人化刻不容缓。

自动化立体库技术在很多领域都有应用,比如冷链存储、橡胶等领域^[4],国内也有少部分有色金

属企业进行了成品立库建设的尝试,由于立体库构筑多种多样^[5-6],发展多元化、行业细分化^[7],一般的立库生产厂家对有色冶炼生产工艺的不甚了解,导致设备集成契合度不高,不能达到预期效果。国内仅在长杆铝型材行业中应用取得了一定的成绩^[8]。

本文阐述国内有色冶炼行业首个阴极铜自动化立体仓库最新技术的研究与应用,积极响应国家政策,破解了行业发展的瓶颈,推动行业技术的发展,目前项目已在湖北省黄石市阳新弘盛铜业有限公司落地。

1 项目介绍

阴极铜剥片机组生产出来的铜为合页铜片,单片重量为160~180 kg,长度为1 030~1 100 mm,宽度为1 030~1 100 mm,根据贸易称重规则,每垛阴极铜总重量控制在2.5 t,误差±50 kg,所以每垛阴极铜含有13~16片“合页铜”,要实现自动化立体仓库仓储存取,最大难点在于铜垛的规整、铜垛外形尺寸的检测、贸易秤的自动校秤、铜垛的钢带打包、堆垛机重载高速运转等功能。

本文所述自动化立体仓库项目(简称立库)为阳新弘盛铜业有限公司40万吨高纯阳极铜清洁生产项目的子项目,该项目年处理铜精矿1 600 kt,主要产品为高纯阴极铜400 kt/a、硫酸1 500 kt/a,立库

[收稿日期] 2021-11-16

[作者简介] 冯敏(1981—),男,湖南安化人,高级工程师,硕士,主要从事智能制造装备的研发工作。

[引用格式] 冯敏,谢清明,刘望保,等.自动化立体库技术在有色行业中的应用研究[J].有色设备,2022,36(2):45-51.

的设计从阴极剥片机组出铜口接入开始,至阴极铜垛自动装车结束,整个运行过程实现智能化,该立库库容量 3 000 t。该立库的整体布局图,如图 1 所示。

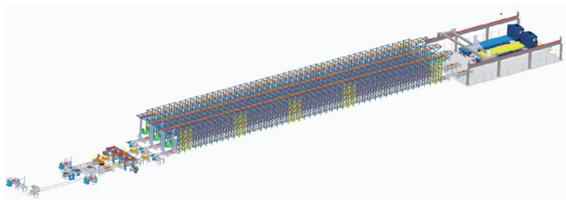


图 1 立库整体布局图

该立库系统的主要具体参数,如表 1 所示。

表 1 立库主要技术参数

名称	规格参数
每托重量	2.5 t ± 50 kg
外形尺寸	1 100 × 1 100 × 400 mm
库容量	3 600 t
货位数	1 440 个
出入库效率	> 80 托/h
堆垛机	3 台,双立柱,单工单双位
输送机	链式
RGV	1 台

该立库系统根据厂级生产计划、调度指令、营销系统信息、质计系统信息及库存情况等,自动决策仓储管理方案及堆垛机、起重机调度方案,完成立库内设备任务流程管控,实现阴极铜进、出库过程的智能化调度与决策。设计过程中运用了三维运动仿真、有限元分析、5G 通讯、数字孪生等多项先进技术,实现了以下功能:

- (1) 与阴极剥片机组出铜口对接的功能;
- (2) 阴极铜垛的转运、预称重、配重、规整、打包、贸易称重、贴标、扫码等自动功能;
- (3) 阴极铜垛的自动入库功能;
- (4) 修整铜垛的上线、规整等功能;
- (5) 配重铜垛的上线、规整等功能;
- (6) 自动校秤功能;
- (7) 库区铜垛的出库、扫码、吊运、装车等自动功能;
- (8) 货车的停车引导、车牌识别、停车位置识别、自动行车等功能;
- (9) 阴极铜垛的质量追溯和反馈功能;

- (10) 出库、入库、盘点等智能库存管理功能;
- (11) 分别与工厂 DCS 和智能工厂数据采集系统通信接口的功能。

2 设备功能区域规划

立库所涉及的设备根据功能不同划分为三个区域:

(1) 库前作业区:由规整机、链条输送机、旋转链条输送机、RGV、配重机器人、钢带识别系统、预称重装置、贸易称重装置、回转顶升机、打包机、打印贴标机、入库扫码机、顶升机这些设备组成。如图 2 所示,为库前作业区的设备布置图。

库前作业区负责完成铜垛的输送、规整、外形检测、90° 换向转运、预称重、配重、贸易称重、打包、打印贴标、扫码、自动校秤等一系列功能。



图 2 库前作业区

(2) 立库作业区:包括堆垛机、货架等设备

立库作业区负责阴极铜垛的自动入库功能,立库作业区铜垛的自动出库自动功能,其工作流程如图 3 所示(a 图为入库工艺流程,b 图为出库工艺流程);阴极铜垛的质量追溯和反馈功能;

(3) 装车作业区:包括智能行车及吊具、立柱及轨道梁、行车安全滑触线、车辆引导及识别系统、安全围栏、链条输送机、出库顶升机、吊装顶升机这些设备;装车作业区的设备布局如图 4 所示。

装车作业区具有阴极铜垛的自动出库功能;出库自动扫码、吊运、装车等功能;货车的停车引导、车牌识别、停车位置识别、自动装车等功能;

3 智能管控系统的搭建

智能管控系统,包括智能决策管理系统、智能控制系统、智能运维系统。智能管控系统的功能涵盖立库与上层系统的通讯对接与信息交互,以及立库的仓库信息管理、作业任务分配与调度、设备自动化控制、以及包括组态监控、视频监控和远程维护等功能。立库的智能管控系统网络拓扑图如

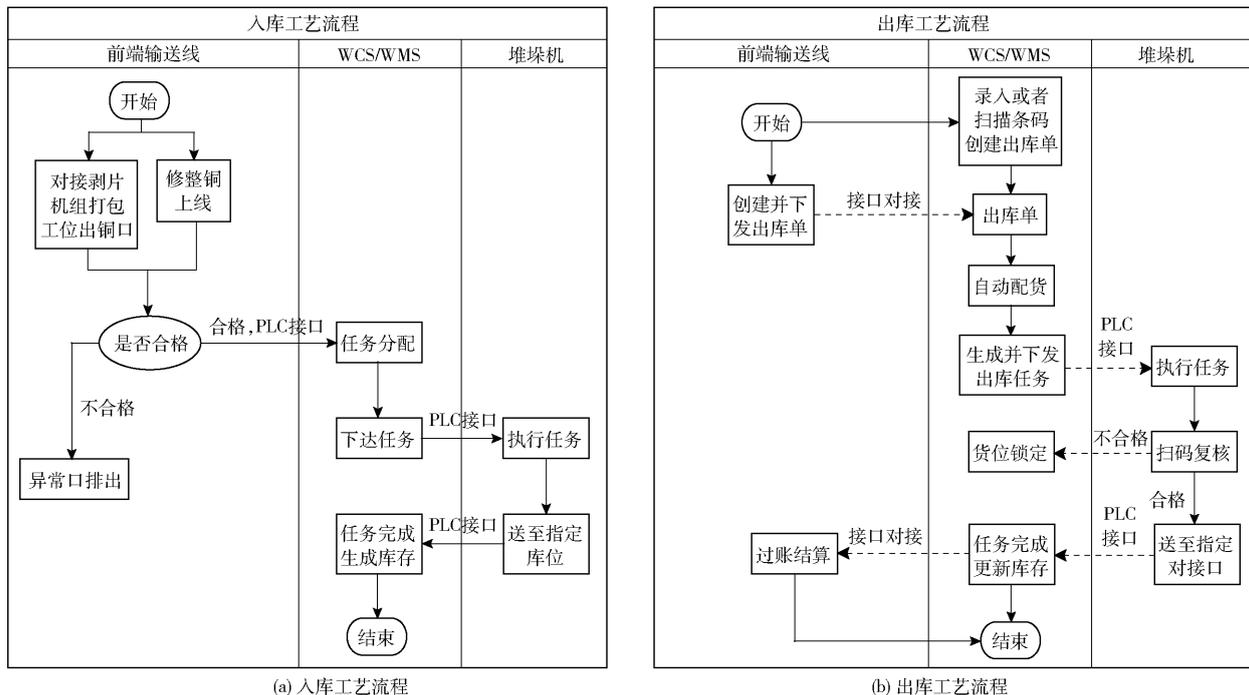


图3 出入库工艺流程图

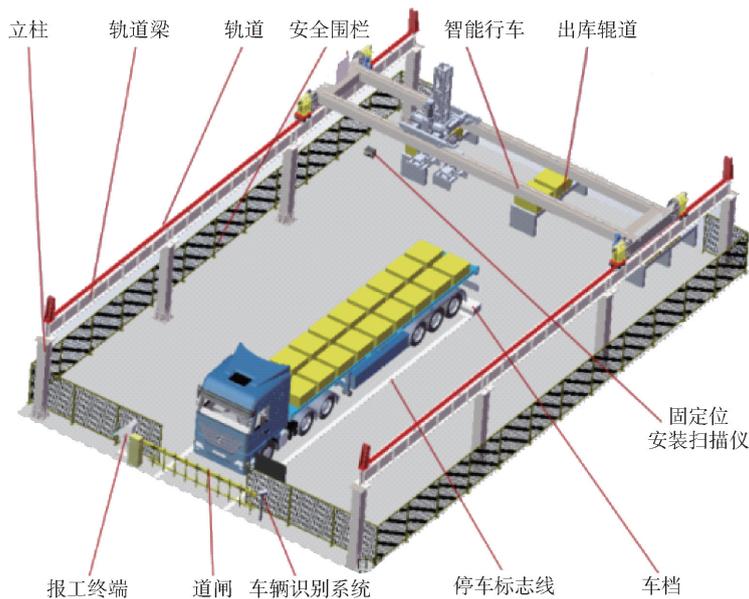


图4 装车作业区

图5所示。

智能管控系统搭建所需的主要软硬件配置如表2所示。

(1) 智能决策管理系统

智能决策管理系统基于智能精益物流管理技术,通过“自动化+信息化”打通阴极铜从入库到出库装车的全流程,各系统间通过指定协议无缝

对接,可对接企业上位系统以及预留其他设备对接接口^[9]。

智能决策管理系统通过数据采集手段和数字化管控手段,实现生产过程数据自动获取、记录、流转、和增值计算,优化管理效率和决策效率。智能铜库的智能决策管理系统的软件,包括 WMS、WCS、DIS。

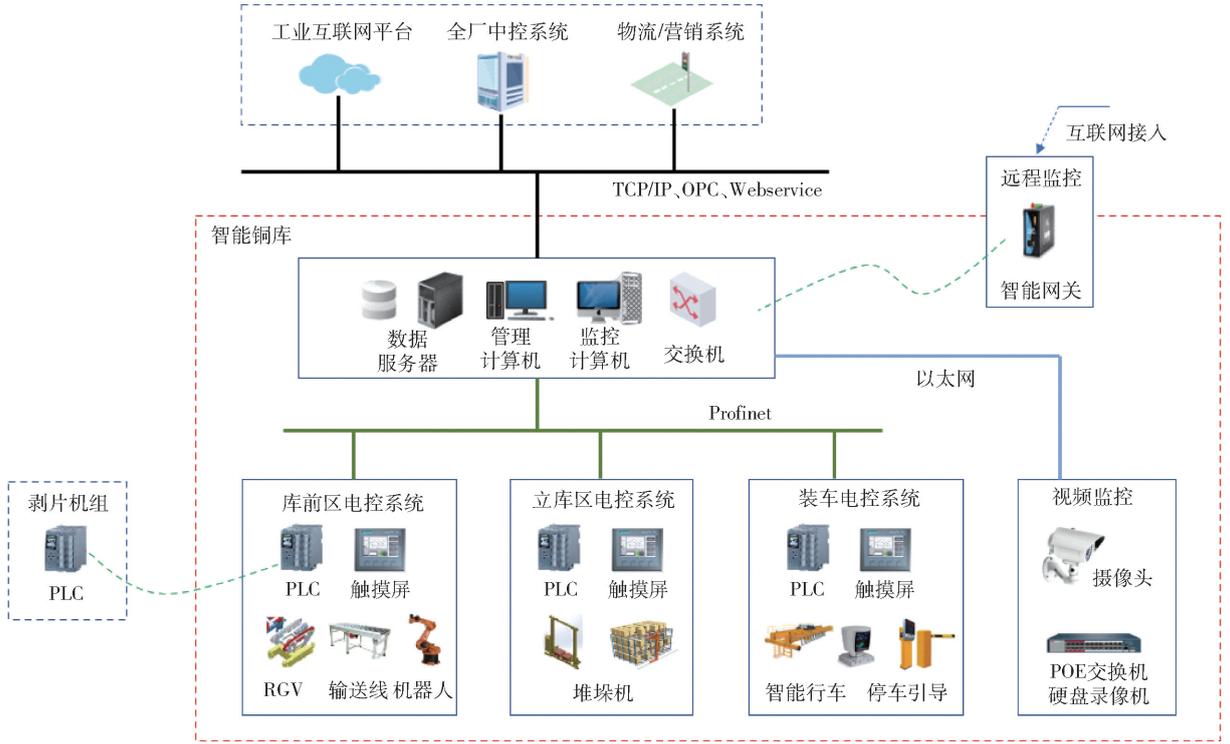


图 5 智能管控系统网络拓扑图

表 2 智能管控系统主要软硬件配置

软硬件名称	型号规格
SQL Server	标准版
服务器操作系统	Microsoft Windows server 2017
应用服务器与数据库服务器	DELL R540
双机热备软件	RoseHa
UPS	SANTAK C3KVA
服务器机柜	TOTEN G2 6022
管理计算机	DELL7080MT
监控计算机	EVOC IPC810B
激光打印机	HP1606DN
无线手持终端	ZEBRA TC20
条码打印机	TSC/TTP-243E
交换机	HUAWEI 1730S-LEP-A
显示屏	Panasonic TH-55HX560C

WMS 作为整个智能系统的核心大脑,管理着整个系统运行的逻辑和数据,拥有基础数据管理、出入库管理、库存管理、盘点管理、订单管理、报表管理、权限管理等功能。

WCS 是设备的中央控制系统,其具备设备调度、设备监控、故障处理、运行记录等功能。

DIS 用于与上层系统(DCS、智能工厂的相关应用平台)进行数据交互,通过任务接收、实绩上报、数据上传等数据传输,为上层系统提供完整的生产数据信息。同时与下层系统(设备自动化控制系统)进行信号交互,通过任务/指令下发、信号采集、信号互锁等控制管理,实现生产数据的采集、归类、结构化,保证生产的安全高效。

所以,智能决策管理系统的集成,主要是 WMS 与上层系统的集成,以获取必要的业务数据和反馈执行结果数据。支持独立部署集成、Webservice 等多种方式与其他系统进行集成,实现系统之间的消息交换和数据交互,支持以手动、自动或流程触发的方式进行数据传递。

接口方式:应用系统须将系统内的业务逻辑进行封装,以 Webservice 形式对外发布,并提供详细的 Webservice 接口使用说明。

接口协议:支持 SOAP (Simple Object Access Protocol) 消息传送协议。

报文格式:应用系统支持使用通用报文格式结构,包括 XML、JSON 等。

(2) 智能控制系统

库前作业区设备控制系统集计算机、网络通讯、可编程控制器(PLC)、变频调速、触摸屏、机器人、传感器、电子称量、无扣打包、标签识别(扫码器)等先

进软硬件,组成一个完整的控制系统。此控制系统具有程序编制、实时组态画面、数据处理、参数设置、自动诊断、即时/历史数据显示及报警、报表生成、打印等功能。立库的智能控制系统结构如图6所示。

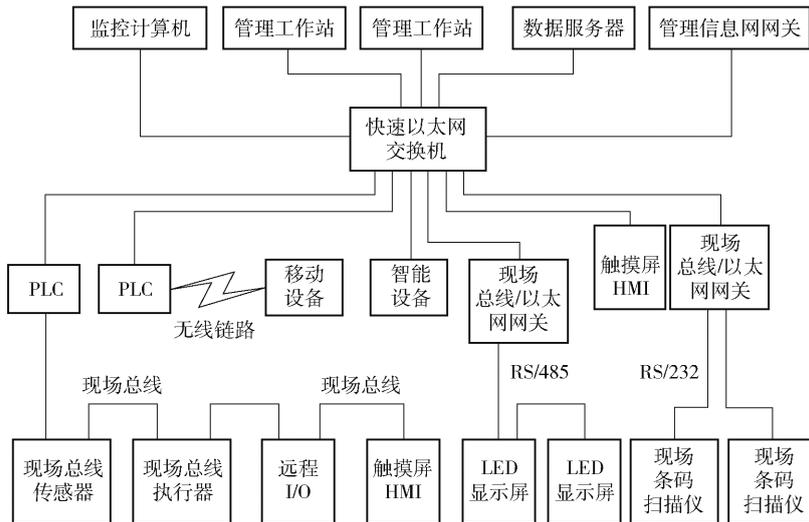


图6 智能控制系统结构图

智能控制系统包括库前作业区设备控制系统、立库作业区设备控制系统、装车作业区控制系统,其各部分控制系统各自独立、数据互通、逻辑联锁。

库前作业区设备控制系统,负责控制库前作业区各设备运行,承接来自剥片机组的阴极铜垛,进行转运、提升、扫码等过程,直至铜垛输送至立库的入口位置。

立体库作业区设备控制系统,负责控制堆垛机进行铜垛入库上架和出库下架。堆垛机是立库的运输枢纽,执行WCS分配的作业任务,同时根据负荷均衡等调度原则进行铜垛高效转运。

装车作业区设备控制系统,负责控制智能行车进行铜垛装车作业,可实现精准的三维定位,修正停车位置及姿态偏差,多型号车板自适应堆码。

(3) 智能运维系统

智能运维系统,包括设备组态监控系统、实时视频监控系统、远程专家诊断及在线维护系统。智能运维系统的层次结构图如图7所示,该系统主要目的是提高设备的生产效率,便捷维护管理,降低设备异常停机时间。

设备组态监控系统,包括二维组态监控和3D组态监控。系统通过模拟组态的方式,直观地呈现

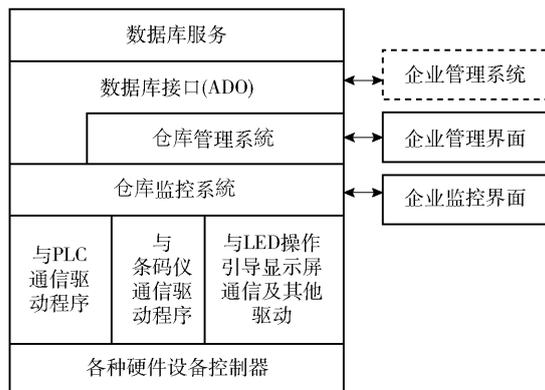


图7 运维系统层次结构

设备当前的运行状态,记录运行数据和报警信息,统计生产报表,输出打印表单等。

实时视频监控系统,主要用在中控室对设备进行实时视频监控。视频监控有整体设备运行状态总览视图,也有局部的关键设备和工序的细节视图。视频监控系统具有视频录制功能,方便查询和回放生产运行现场视频。

远程专家诊断及在线维护系统,通过智能网关和互联网技术构建远程维护的桥梁,设备厂家工程及用户设备管理人员可以异地进行设备的诊断和管理维护,节约故障处理过程时间提高设备利用率,实现远程故障诊断、远程程序升级等功能。

4 立库项目实施特点

阴极铜自动化立库项目的实施具有以下特点:

(1)系统性:系统充分考虑生产工艺流程需求,满足布局合理、运转流畅的原则。

(2)可靠性:选用在国外应用成熟可靠的标准零配件等,以最大程度的提高阴极铜立库系统的可靠性。

(3)先进性:运用最先进的设计手段和技术,解决整条立库产线规整、打包等关键技术难题。能实现阴极铜进库、库存、出库自动化、智能化、无人化的要求。

(4)经济实用性:立库整条产线设备布局紧密结合有色行业生产工艺的特点,简化控制层级,去除繁枝赘节,满足立库产线高效运行。在满足需求前提下,优先选择实用的同层次标准零配件,满足高性价比、维护少的要求。

(5)前瞻性:在各设备和系统功能上考虑未来工厂发展的需求,提供设计冗余与接口预留,满足发展的可持续性。所以立库系统设计具备一定的柔性,能适应未来业务种类、规模、结构、模式的变化。

(6)安全性:单体设备的研发,运用了有限元分析等技术,满足强度等使用要求;材料的选用充分考虑了弱酸腐蚀环境要素,在设备运行的环境周围设置了必要的安全设施,充分确保使用安全。

(7)高效性:立库系统能够安全、稳定、高效地完成所需要的工作,并对生产需求即时响应。

(8)绿色环保:符合国家倡导的节能减排、绿色环保要求。

项目交付后,可作为“智慧工厂 黑灯工厂”以及带来行业示范效应的标杆与样板工程。

5 结语

该自动化立库项目在设计过程中,运用了三维运动仿真技术、有限元分析、5G通讯等技术,保证了立库系统设计的可靠性、高效性。同时,搭建了由智能决策管理系统、智能控制系统、智能运维系统组成的先进立库智能管控系统,实现了立库系统的货物转运、规整、打印贴标、称重、校秤、打包等功能运行的高度智能化、无人化。今后在有色冶炼行业智能工厂成品立体库的建设中,本项目可作为示范案例借鉴。

[参考文献]

- [1] 王勇. 有色金属企业如何控制阴极铜库存率的策略分析[J]. 中国经贸, 2015(22): 66-67.
- [2] 刘德文, 梁敏. 自动化立体仓库技术的应用[J]. 中国设备工程, 2018(4): 116-117.
- [3] Kees Jan Roodbergen, Iris F. A. Vis. A survey of literature on automated storage and retrieval systems[J]. European Journal of Operational Research, 2008(2).
- [4] 陈月清. 自动化立体仓库技术在橡胶轮胎行业中的应用[J]. 物流技术与应用, 2020(5): 126-129.
- [5] 郑保华. 现代物流中心构筑实用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [6] 刘昌祺. 仓储系统设施设备选择及设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [7] 马笑. 自动化立体仓库多元化发展探索之路[J]. 物流技术, 2013(20): 22-25.
- [8] 唐性宇, 马笑. 自动化立体仓库在铝型材行业的应用[J]. 轻合金加工技术, 2016(3): 56-61.
- [9] 谢飞. 自动化立体仓库通信网络关键技术研究与设计[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2012.

Research on the Application of Automatic 3D Storage Technology in Nonferrous Metals Industry

FENG Min, XIE Qing-ming, LIU Wang-bao, DONG Bo, LIU Yi, HU Jun-ping

Abstract: Building an automatic 3D storage is the best solution to efficiently control the product inventory of non-ferrous metal enterprises, and the Chinese non-ferrous industry is still in the development stage in this respect. 3D motion simulation, finite element analysis, 5G communication and other technologies are used in the design of cathode copper automatic 3D storage of Yangxin Hongsheng Copper Co., Ltd.. At the same time, an intelligent management and control system consisting of three subsystems: intelligent decision management system, intelligent control system and intelligent operation and maintenance system is built. Automatic functions such as RGV transfer, pre-weighing, counterweight, regularization, packaging, trade weighing, labeling, code scanning, etc. are realized, which makes the operation of the 3D storage highly intelligent, automatic and unmanned. The implementation of this project can meet the transfer and storage requirements of a 400 000 t/a of high-purity anode copper plant, and has industry demonstration effect.

Key words: AS/RS; cathode copper; policy decision; control; operation and maintenance



(上接第 44 页)

Design and Trial Operation of Lifting Device for Crust-breaking Cylinder of Aluminum Electrolytic Cell

LIU Chi, GUO Bin, WANG Jian-guo, QIAO Ruo-qian, GAO De-jin, SU Yu-xi

Abstract: The “accretion” stuck on the hammer of electrolytic cell is harmful to the normal production of electrolytic cell, and the deep intrusion of hammer into the melt of electrolytic cell is one of the main reasons for the formation of accretion. Once the crust-breaking cylinder and the hammer are installed and put into operation in an electrolytic aluminum plant, the intrusion depth of hammer into electrolytic cell is fixed, but the total height of electrolytic cell melt changes. When the total height of melt is high, the intrusion depth of hammer into melt increases. In view of the above defects, a device with liftable cylinder is designed. Following the principle of screw, the proper striking depth of the hammer can be adjusted by operating the screw, which not only reduces the generation of accretion, but also prolongs the service life of the hammer.

Key words: aluminum electrolytic cell; crust-breaking cylinder; lifting device; design

