

铜冶炼厂阳极板转运及存储生产技术

黄治亮¹, 杨国年¹, 邓冰¹, 陈宏鹏¹, 曹志杰², 刘续善¹

(1. 广西金川有色金属有限公司, 广西防城港 538000; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 铜冶炼厂阳极板出炉转运作业, 普遍采用的叉车叉运与车辆输送相结合的方式, 进行阳极板转运, 阳极板质量把控采用人工挑选的方式进行检测, 人员劳动强度大, 运行费用高, 不利于企业生产成本控制。本文介绍一种阳极板自动转运存储生产模式, 通过对阳极板自动提取、清洗、检测、分挑、存储及转运作业, 实现阳极板自动转运替代人工转运作业模式, 有效降低人员劳动强度, 减少生产运行成本。

[关键词] 阳极板; 自动转运存储; RGV; 铜冶炼; 5G 通讯

[中图分类号] TF811 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)01-0068-07

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.01.011

0 引言

铜火法冶炼产生的阳极板一般采用圆盘浇铸机进行生产, 通过机械臂把模具中浇筑成型的阳极板放入水槽中进行冷却, 在水槽中设有双链条输送机向前输送, 当输送机前端收集够一定数量后, 水槽底部的顶升机构升起, 把阳极板组耳朵露出水槽沿, 方便人工叉车叉取, 送至堆场进行人工挑选, 合格阳极板直接在堆场堆放存储, 不合格阳极板人工处理后, 再摆放至堆场进行存储。

阳极板在圆盘浇铸机模具中如出现一些耳朵残缺、薄厚不均等不合格阳极板, 在拣选工位进行拣选收集, 重新回冶炼炉进行熔炼; 只有阳极板挂耳齐全、厚度均匀的阳极板才能通过机械臂在模具中取出放到水槽内进行冷却, 并通过双链条输送机向水槽端头输送。

阳极板尺寸和实物如图 1 所示, 每块阳极板的重量为 380~430 kg; 圆盘浇铸机采用双圆盘型, 左右圆盘同时工作, 每天工作 16~18 h, 圆盘浇筑能力为 110 t/h。

1 阳极板冲洗检测及缺陷

冶炼厂阳极炉圆盘浇铸机浇铸出的阳极板, 由圆盘浇铸机配套取板从圆盘上抓取后放入水槽(左右两边各 1 个)冷却。水槽内阳极板需要: ①将冷却后的阳极板经机械手或机器人从水槽中取出送至清洗工位; ②利用高压水枪对阳极板进行冲洗、洗涤, 要求清洗完成后表面无明显硫酸钡附着, 包括高压水枪、加压泵、水箱、配套管路等; ③将清洗后的阳极板送至检测工位。

在检测工位对阳极板进行判定和挑选, 将不符合物理外观的阳极板挑出单独存放, 如弯板、弯耳、鼓包、厚板、薄板、重量偏差大于 ± 3 kg 等; 合格的阳极板输送至合格品分拣工位, 其他送至不合格品工位。

其中检测工位挑出不合格阳极板判定标准为: ①阳极板上部板身厚度大于 54 mm; ②阳极板底部厚度大于 50 mm 或小于 42 mm 阳极板; ③阳极板上下部厚度差大于 10 mm; ④下部厚度大于上部厚度阳极板; ⑤阳极板两耳间距低于 1 320 mm 或者大于 1 344 mm; ⑥阳极板耳厚超过 50 mm 或低于 30 mm; ⑦板面与耳部连接处有大于 10 mm 的裂纹; ⑧阳极板耳部及底部下沿翻边大于 5 mm; ⑨耳部扭曲量大于 10 mm; ⑩阳极板板面弯曲度大于 10 mm; ⑪阳极板有鼓包、高于 5 mm 结瘤; ⑫阳极板重量偏差大于 ± 3 kg; ⑬表面有黑皮等异物附着。

[收稿日期] 2023-11-22

[第一作者] 黄治亮(1987—), 男, 安徽巢湖人, 工程师, 大学本科, 主要从事设备技术管理工作, 现任广西金川有色金属有限公司设备管理中心副经理。

[引用格式] 黄治亮, 杨国年, 邓冰, 等. 铜冶炼厂阳极板转运及存储生产技术[J]. 有色设备, 2024, 38(1): 68-74.

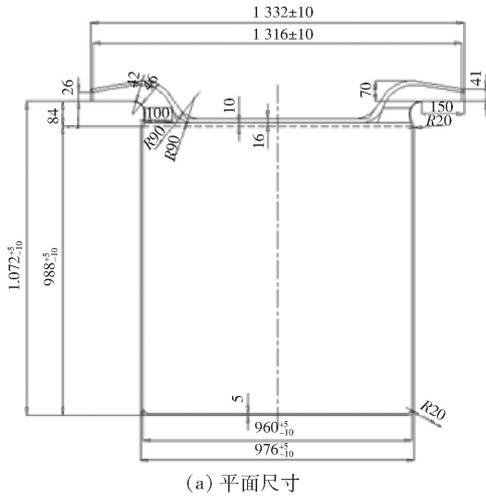


图1 阳极板

2 阳极板转运需求

精炼车间设置了双圆盘浇铸机,年产40万t电解铜,单水槽按照节拍为25s/片的速度阳极板脱模进入水槽。阳极板需运送至电解厂阳极机组受板处或阳极板堆场。冶炼厂生产的阳极板通过人工驾驶叉车叉运的方式运送至阳极板堆场,每次运输在20块左右;在堆场经过人工挑选、修复后经双方质量检测判定合格后,采用叉车对不合格进行分拣堆存,合格的阳极板由叉车叉运装至平板汽车上,再经无人检斤秤房检斤,转运至电解阳极机组前临时堆场,人工叉车卸货堆放在机组前临时堆存,机组上板时再由人工操作叉车送至受板装置。中间需要人员检测阳极板质量、检斤过秤、跟车等过程,费时费力;阳极板生产、储存、转运,需冶炼、检测、电解、外委物流等多家单位配合,作业过程中需多台叉车、平板车,且对叉车司机技术水平要求高,作业危险性较大,工作效率低。

3 阳极板检测、转运、存储技术

3.1 阳极板检测技术

3.1.1 检测常用技术

对于探伤和损伤、缺陷检测,最常用的就是超声波和视觉。

超声无损检测方法很多,但一般检测显示的结果为二维图像,检测不够全面;三维成像技术具有显示结果立体、形象直观、可调整角度观察可疑结构等优点,极大提高了检测质量,减少漏检、误检等现象;

如果对超声点云数据进行三维可视化,形成超声点云三维模型,高质量图像可直观显示被测件的整体外形和三维结构,克服传统超声检测技术缺陷显示不清、难以判断等缺点。现有技术采用 Delaunay 三角剖分与网格增长的混合方法,将离散的点云重构为连续的曲面,最后对发动机叶片的实物,通过点云数据重构三维成像,能将被测件的缺陷显示基本准确^[1-3]。

基于视觉感知的表面缺陷检测系统的基本构成包括3个主要模块,依次完成图像获取、图像处理和图像反馈功能。在图像获取模块中,需要根据当前待检测表面属性及缺陷特征,构建照明和成像系统,通过机械装置、光源和相机的协同配置与操作,获得缺陷特征明显的待检物表面图像。在图像处理模块中,利用图像处理算法检测图像中的缺陷目标,识别缺陷类型。在图像反馈模块中,根据检测标准判断当前样品是否合格,并将判断结果传输至执行机构。同时,也可对图像的缺陷类型、位置、形状、大小等进行可视化显示,对图像及缺陷信息进行存储,便于后续的查询与统计等^[4-6]。

3.1.2 国内铜极板常见检测方法

阳极板检测方案存在二维视觉和三维视觉识别2种方案,传统的二维视觉则是基于图形进行处理,仅有 xy 方向上的二维信息,是除了缺陷的高度信息,在某些需要根据高度来判断缺陷的场合难以适用。同时,对于产品表面颜色复杂度高的场合,二维视觉会有误判断率的情况,三维视觉则可以排除颜色差异进行结果判断,检测工装包含:阳极板正面检

测工装、阳极板背面检测工装。检测工装使用一体化设计,将 3D 线扫描相机以及伺服系统集成于检测设备中,外部留有线缆接口进行供电和通讯;正反面检测工装分别位于阳极板正反面正对方向位置,中心相对且与阳极板运动方向水平。

铜行业阳极板检测传统方法是质检人员通过肉眼观察铜板结粒情况对合格品和非合格品的判别剔除,该方法有以下不足:①在长时间生产中,需要多人换班,才能保证质检效果,人力成本高;②质检人员无法长时间保持集中精力,漏检、误检率高;③受不同质检人员经验水平影响,质检效果存在较大波动,同时质检效果受到环境、光纤等因素的影响。为解决人工挑选的问题,采用结合三维点云检测算法、自动化控制、3D 视觉相机等综合而成的应用系统,运用机器视觉设备代替人眼完成检测、测量和判断,具有非接触、可靠、精度高、连续性、效率高等优点,可以监测 4 mm 以上高度的粒子、2.5 s 内完成相机取像,检测铜板的宽度范围为 390 ~ 1 260 mm,误报率小于 5%,漏检率小于 0.5%。

3.2 阳极板转运技术

目前阳极板从水槽内取出,传统方式都是采用人工叉车的方式,如图 2 所示。随着自动化、智能化技术的发展和升级,各铜冶炼企业提供了从水槽内取阳极板的不同方案。

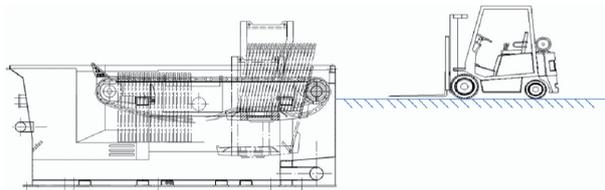


图 2 人工叉车取阳极板

常用的方式有:通过重载 AGV 叉车进行取板,替代人工叉车取板,但是由于人工叉车行驶的地面有平整度的要求,对于冶金工厂厂房地面土建施工成本较高;同时 AGV 叉车速度低,不能实现远距离搬运,适合于近距离搬运,在行业内应用的比较少。

铜陵某公司的阳极板水槽取板采用智能桥机取板,然后通过重载 AGV 平板车进行转运,如图 3 所示。

阳新某公司的阳极板水槽取板,采用移动桁架式设备一次性可以取 12 ~ 15 片,送至水槽外面的



图 3 桥机取阳极板和 AGV 平板车转运

RGV 进行接驳后,送往阳极板堆场;移动取板桁架如图 4 所示。



图 4 移动桁架水槽取板应用

3.3 阳极板堆场存储、转运

目前阳极板在堆场存放的方案,绝大多数阳极板堆场采用地面单层排列平铺堆放,便于人工叉车对阳极板进行存取;在阳极板堆场,需要人工进行挑选,分为合格品堆场和不合格品堆场,不合格品需要人工进行处理后,再由人工叉车转运至合格品堆场;同时需要有专人对阳极板数量进行记录,需要设置多台人工叉车在阳极板堆场进行转运作业;阳极板堆场占地面积较大,室外环境无遮挡,人工叉车作业环境比较恶劣,合格品阳极板通过人工叉车装到专用卡车,往电解车间运送。图 5 为目前比较常见的阳极板堆场布置情况^[7-9]。

烟台某公司的阳极板堆场采用排板小车的方式进行阳极板缓存,在地面设置长的料架,让阳极板按照顺序从头至尾排列,悬挂在 2 根横梁料架之间;该种方式,需要在每条长料架设置至少 1 台排板小车,按照堆栈的型式,沿着一端存入、从另一端取出;每



图5 阳极板地面存储堆场

条料架独立存储,互不干涉;在料架的端头出库时,需要与料架垂直方向的RGV进行对接,RGV顶部携带的料架横梁与地面料架横梁同高度,排板小车可以直接进入到RGV的料架桁架并把阳极板组转移到RGV上;在料架的入库端,同样需要RGV为每一条料架送阳极板组,由排板小车把入库RGV送到的阳极板组转移到长料架上存储。

3.4 电解车间排板机上板方式

国内铜厂电解车间阳极板,都需要首先经过整形机组整形后,由阳极板组分解为单片阳极板输送,再由排板机按照一定间距进行排板后,由电解行车把排板后的阳极板放置在排板料架上,或者直接送入电解槽进行电解。从阳极板堆场汽车运送到电解车间门口的阳极板组,一般采用人工叉车进行卸车,然后一次叉取20片送到整形机组入口的受板输送机,如图6所示为人工叉车送阳极板的场景。



图6 人工叉车叉取阳极板上机组

4 基于5G的阳极板转运存储一体化方案

4.1 桁架水槽取板、RGV转运方案

阳极板按照间隔380mm的距离排布在水槽输送机上,持续向前输送;通过取板桁架从水槽内一片一片的进行取板,把阳极板送至到冲洗检测工位。

在水槽的端头为了确保阳极板输送过程中,阳极板中心与水槽中心对齐,在前端设置了对中导向板;确保阳极板输送到端头的固定为止,在水槽端头设置了机械止档;确保触发桁架的抓手开始取板,在阳极板通过输送线移动到端头时,通过到位接近开关进行检测;如图7所示,为水槽取板的示意方案。单片阳极板在冲洗检测分拣线上,经过三维程序检测,合格品在合格工位输出、不合格品在不合格工位输出,由带升降功能的5tRGV把合格工位收集到12片阳极板组取出后,经过转盘转向90°后向厂外输出,由装车桁架装载4次5tRGV运送的阳极板,至20tRGV,向接力门机输送机,总体方案如图8所示。

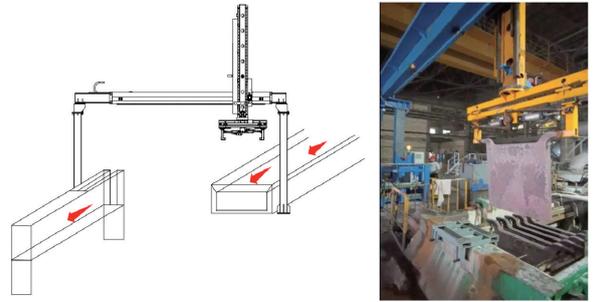


图7 水槽取板桁架方案

4.2 阳极板缓存及机组上上板

在从电解车间至精炼车间的路上,摆满阳极板料架,每个料架可以存储4组12片共计48片阳极板;在通长400m多的路上可以布置200个料架并排布置,共设置3台接力门机沿着料架布置方向进行接力输送至电解车间门口;在电解车间门口对面的矩形区域内,设置1台双悬臂门机进行区域内130个料架的阳极板组存储和转运。电解车间有2台阳极板机组,与料架阵列之间通过2台20t的上料RGV轨道连接,用第3台接力门机和双悬臂门机从料架中取阳极板装车到20tRGV上,送至电解车间机组前,跨接机组受板输送机和20tRGV轨道端头各设置一台上料桁架,把上料RGV的阳极板组送入机组,完成全自动装板过程。如图9所示,为接力门机、双悬臂门机、上料RGV、上料桁架方案布置图。

4.3 通讯系统

本项目采用控制信号和视频信号基于5G通讯,各移动设备的电气柜配备5G终端CPE,通过5G基站组建通讯网络。固定设备有6台桁架、2套冲

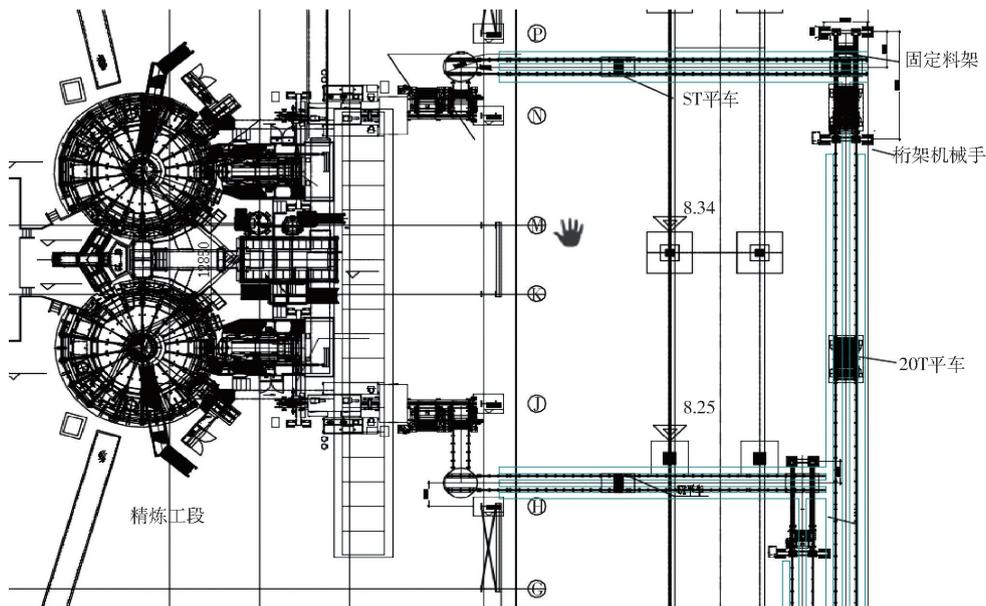


图8 水槽取板、冲洗检测分拣线、RGV 转运

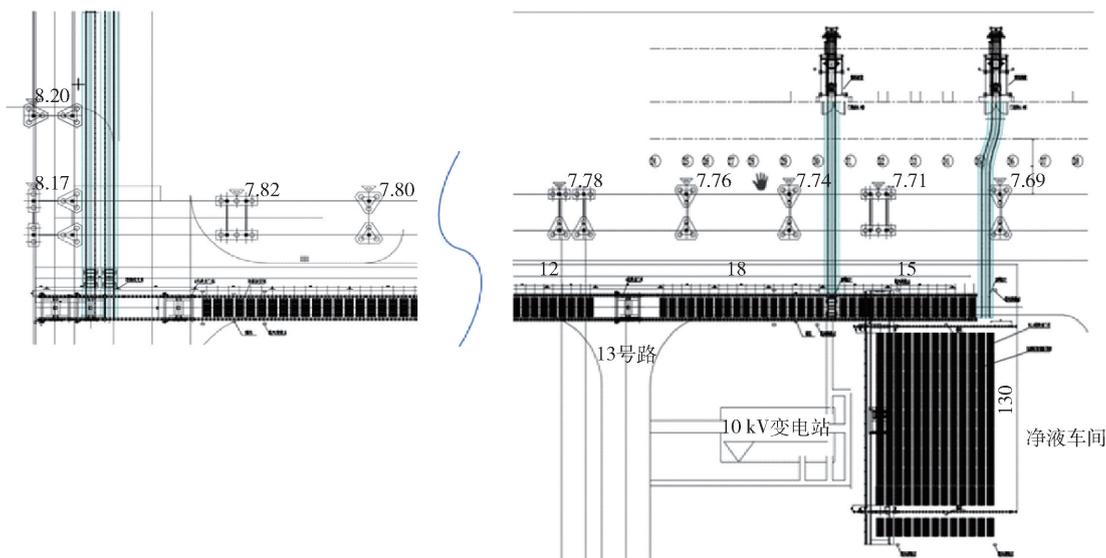


图9 接力门机、双悬臂门机、上料 RGV、上料桁架方案布置图

洗检测线, 移动设备包含 2 台 5 t RGV、4 台 20 t RGV、3 台接力门机、1 台双悬臂门机。各设备的 PLC 控制器均配备无线 CPE; 主要移动设备和地面监控位置, 配置摄像头, 把现场设备的运行情况实时传送到集控中心大屏进行显示。

上位机操作端通过服务器、交换机、5G 基站, 实现与设备端实现调度命令下发和设备信息采集; 视频监控端通过存储服务器、交换机、无线基站, 实现与地面固定有线摄像头、车载移动无线摄像头的通讯。基于 5G 通讯的阳极板转运存储网络拓扑图, 如图 10 所示。

4.4 工艺流程

阳极板转运和存储过程是基于现有生产的需求, 由多个智能物流装备组合使用实现, 主要的工艺过程如下。

1) 双圆盘浇铸机处, 通过取板桁架实现从水槽单片取阳极板, 送至检测冲洗分拣线。

2) 检测冲洗分拣线设置 6 个工位: 受板工位、粗洗工位、精洗工位、检测工位、不合格品工位、合格品工位; 通过单链板输送线的形式, 把阳极板依次通过各工位。

3) 在合格品工位, 收集够 12 片阳极板后, 5 t

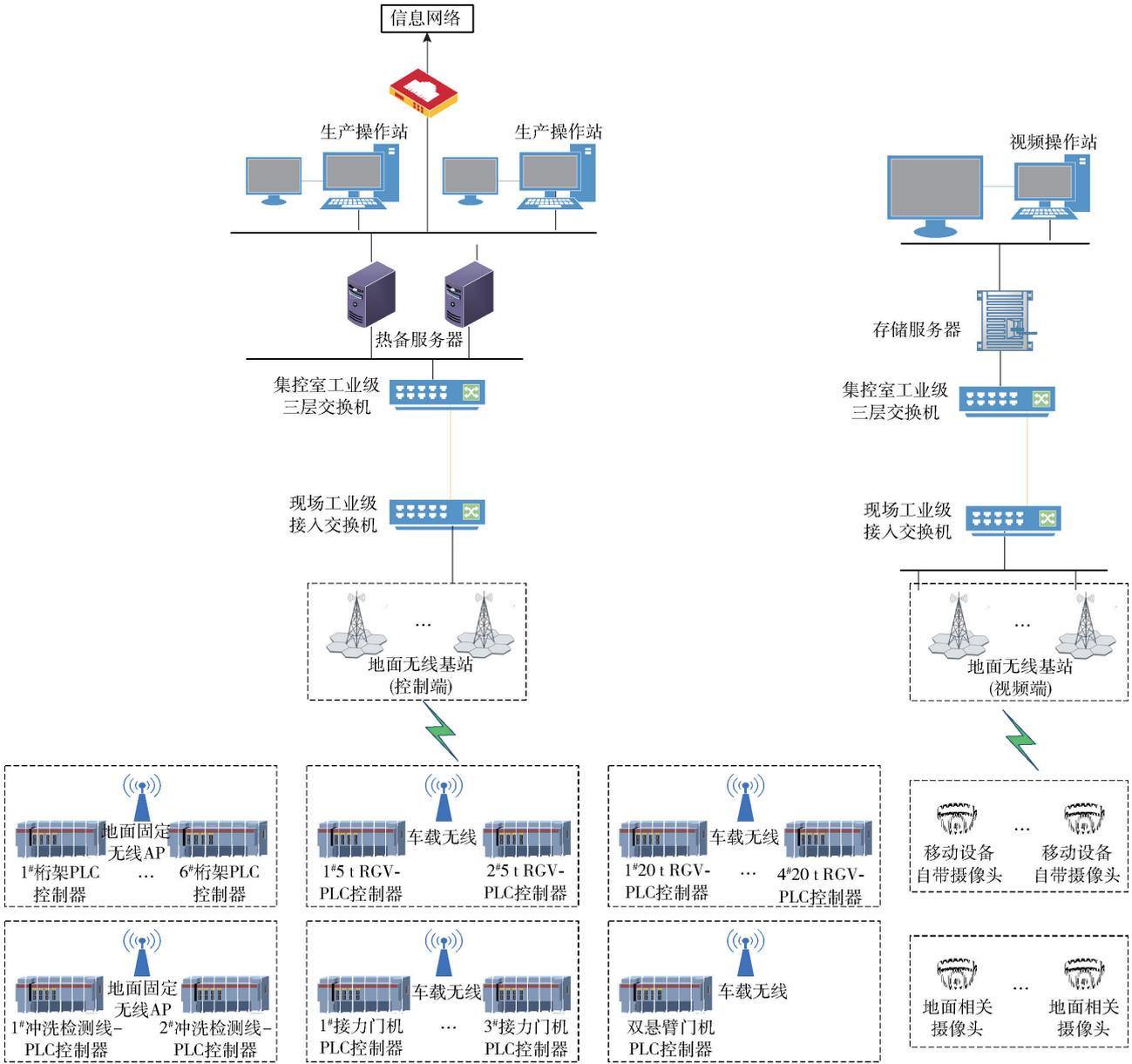


图 10 通讯网络拓扑图

RGV 通过顶升机构把阳极板组取走；不合格品收集够一定数量后，人工叉车取走送至人工处理区。

4) 5 t RGV 通过转盘换向，送出到厂房外，由装车桁架把 5 t RGV 送到位的阳极板组取下，装至 20 t RGV，需要装车 4 次装满。

5) 20 t RGV 沿着 9 号路方向送至 14 号路，与接力门机接驳。

6) 接力门机共计 3 台，沿着 14 号路分段接力阳极板组边存储、边转运至电解车间门口及矩形存储区。

7) 通过送料 20 t RGV，把电解车间门口料架上

的阳极板组，由双悬臂门机装车后，送往电解车间受板机组前。

8) 通过跨接电解车间受板机组输送机和 RGV 轨道端头的上料桁架，把 20 t 送料 RGV 上的阳极板组，12 片一组送往机组进行整形和排板。图 11 为阳极板转运和存储一体化系统工艺过程流程图。

5 总结

随着工厂扩产、智能工厂升级改造的需要，智能物流仓储技术逐渐融入到工厂智能化、数字化改造过程中。5G 通讯技术为大容量数据采集和传输带

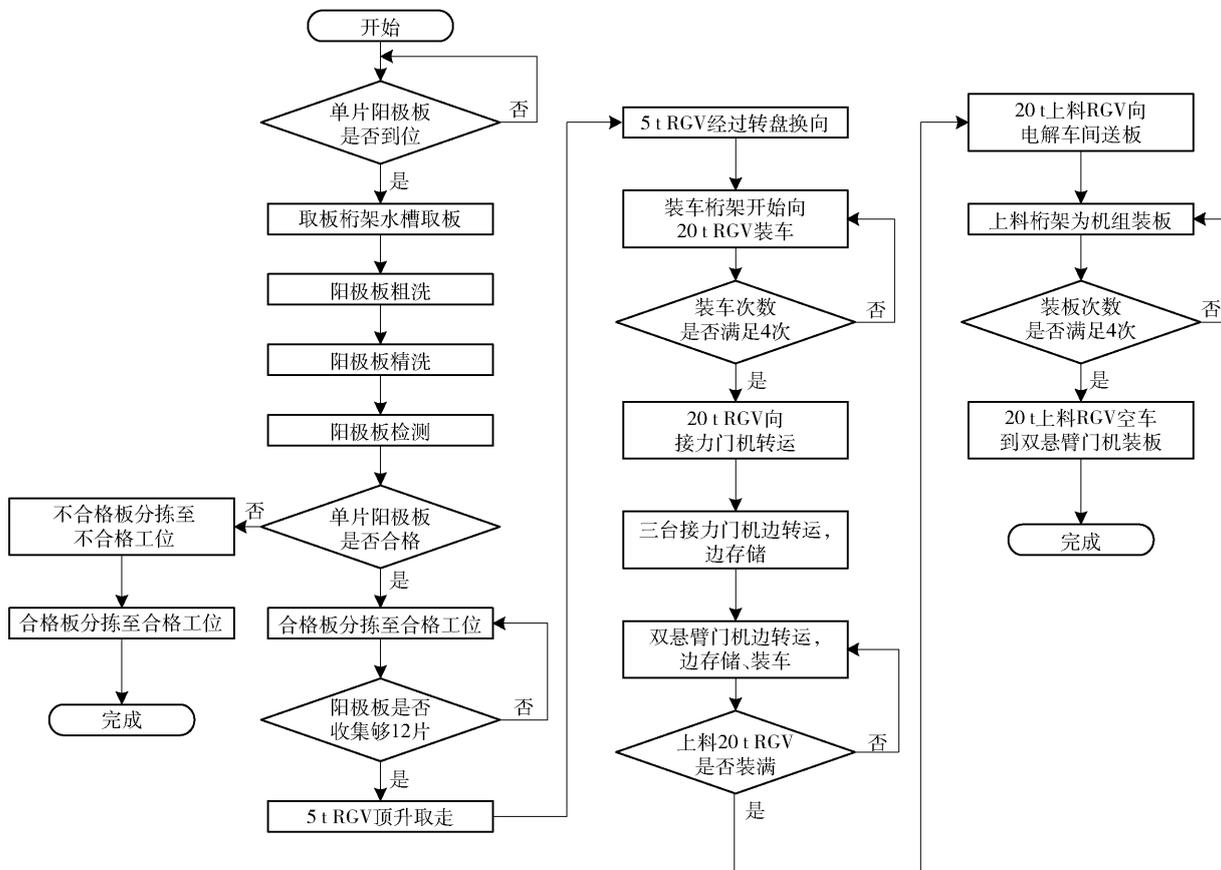


图 11 阳极板转运存储工艺流程图

来了技术基础,智能桁架机械手、RGV、智能起重机、精准定位技术等成熟解决方案,为此次基于 5G 的阳极板智能转运和存储一体化系统提供了技术保证。根据生产的需要,借鉴和参考其他行业的成熟经验,为有色冶金行业中铜冶炼阳极板转运过程,提供一种有效的解决方案,为全厂的智能化改造提供了一个新的突破点。

[参考文献]

[1] 王应焘,李彦军,芮执元,等. 超声检测缺陷三维成像技术[J]. 无损检测,2019,41(12):7-11+16.
 [2] 苏虎,张家斌,张博豪,等. 基于视觉感知的表面缺陷检测综述[J]. 计算机集成制造系统,2023,29(1):169-191.
 [3] 李昱民. 铜冶炼极板智能转运运行状况分析及优化改进

[J]. 铜业工程,2021(6):42-46.
 [4] 闫育斌,杜学海. 阳极整形机组零部件国产化改进实践[J]. 有色矿冶,2023,39(6):49-53.
 [5] 陈志平,肖会勇. 铜阳极板输送线机组的设计[J]. 有色冶金设计与研究,2020,41(S1):7-9.
 [6] 刘敬师,刘士祥,魏栋,等. 铜阳极板生产加工与调度管理优化[J]. 铜业工程,2020(3):54-58.
 [7] 杨超,孔德晟,张彬胜. 阳极板智能化运输的研发[J]. 自动化应用,2023,64(23):94-96.
 [8] 李晓光. 阳极板载运车提升卸载装置改进与优化[J]. 铜业工程,2022(6):104-107.
 [9] 林成东,周天驰,张沅,等. 铜冶炼厂三维数字孪生虚拟工厂平台研究与应用[J]. 冶金自动化,2021,45(4):12-19.

(下转第 93 页)

Comparison of dry and wet treatment process of zinc ash and selection of key equipment and application of dry treatment process

CHEN Xiangqiang, SONG Yan

Abstract: In the industrial production of zinc hydrometallurgy, zinc ash is the by-product of electrolytic cathode zinc sheet melting and impurity removal in zinc melting induction furnace. Zinc ash contains about 80% zinc, of which more than 70% zinc exists in elemental form. In this paper, the advantages and disadvantages of dry and wet treatment processes are compared, the key equipment selection and capacity calculation for the dry treatment process are mainly introduced, and combined with the actual production situation the process equipment is improved and perfected after production.

Key words: zinc ash; dry process; wet process; ball-milling; separate; zinc powder



(上接第 74 页)

Production practice of anode plate transfer and storage in copper smelting plant

HUANG Zhiliang, YANG Guonian, DENG Bing, CHENG Hongpeng,
CAO Zhijie, LIU Xushan

Abstract: Copper smelting plants transfer anode plates out of the furnace. A combination of forklift forklift and vehicle transportation is commonly used to transfer anode plates. The quality of anode plates is controlled by manual selection and testing, which is labor-intensive and has high operating costs. It is not conducive to enterprise production cost control. This article introduces an automatic transfer and storage production mode of anode plates. Through automatic extraction, cleaning, detection, sorting, storage and transfer operations of anode plates, automatic transfer of anode plates replaces the manual transfer operation mode, effectively reducing personnel labor intensity and reducing production. Operating costs.

Key words: anode plate; washing and testing line; RGV; copper smelting; 5G communication

