

基于图像识别系统的自动剥锌机智能剔补板技术研究

王振启¹, 杨支海², 吕艳琼², 赵晓燕³

(1. 紫金矿业集团股份有限公司, 福建 上杭 364200; 2. 云南驰宏锌锗股份有限公司 会泽冶炼分公司, 云南 会泽 654211;

3. 北矿机电科技有限责任公司, 北京 100160)

[摘要] 针对国内外锌冶炼行业技术发展现状, 以北矿机电科技有限责任公司研制的新一代大极板自动剥锌机组为研究对象, 首先介绍了大极板自动剥锌机组基本结构与工作流程, 对阴极板自动剔补机构进行结构设计和工作过程分析, 解决了生产过程中不良板的换取剔补难题, 大幅提高了剥锌效率和设备的安全性和可靠性, 具有重要的工程应用指导意义。

[关键词] 大极板; 自动剥锌机; 自动剔补板机构

[中图分类号] TP24

[文献标志码] A

[文章编号] 1003-8884(2022)04-0011-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.003

0 前言

战略矿产资源已成为制约我国经济发展的瓶颈, 资源安全也被提升到国家安全的战略高度^[1-2]。锌金属作为重要的战略矿产资源, 广泛应用于国防军工及高新技术领域, 其供应安全具有重要意义^[3]。近年来, 我国有色金属行业进入转型和高质量发展阶段, “双碳”战略实施为我国有色冶炼行业带来新的机遇和挑战^[4]。智能制造赋能锌冶炼行业, 助力行业向低碳、绿色、智能、安全、高效方向转型发展, 实现业态重构是必然选择^[5]。

当前, 锌冶炼行业延续粗放式发展, 仍面临作业以人工为主, 劳动强度大、安全风险高、装备落后能耗高、自动化程度低、无组织排放大, 环保风险高等问题^[6-8]。虽然国外已经研发出了自动剥锌装备, 但无法适应国内复杂的锌冶炼工艺, 对国内工艺“水土不服”, 无法实现自动化剥锌, 而且价格昂贵, 售后维护不方便, 我国急需开发具有自主知识产权

的自动剥锌装备^[9-10]。目前, 国外拥有成熟大极板自动剥锌机技术的公司有保尔沃特(Paul Wurth)、日本三井(MESCO)和西班牙新科锐三家企业, 而国内只有几家院所企业正在进行大极板自动剥锌机技术的研究与开发。北矿机电科技有限责任公司从2010年开始对大极板自动剥锌机进行研究, 承担了国家课题《大极板电解与自动剥板系统技术产业化示范工程》, 掌握了成熟的大极板自动剥锌机技术, 并且研制出国内首台套具有自主知识产权的大极板自动剥锌机生产线, 打破了国外技术垄断, 各项技术指标远超国外进口装备, 产品技术经鉴定达到国际领先水平。先后在云南驰宏锌锗、新疆紫金有色、山东恒邦、金鼎锌业等冶炼厂成功应用(如图1所示), 近期研发出3.6 m²超大极板自动剥锌生产线并出口俄罗斯锌冶炼厂, 大幅提升了锌冶炼行业的自动化装备水平, 引领自动剥锌机技术向大型化、智能化方向发展。本文基于图像识别技术, 国内首次应用到剥锌生产线的剔补板环节, 解决了生产过程中不良板的换取剔补难题, 实现了不良板的自动剔补, 该产品技术经中国有色金属工业协会鉴定达到国际领先水平。

1 自动剥锌生产线结构组成与工作原理

BGRIMM-32型自动剥锌生产线(如图2所示)包括自动剥锌生产线上部剥锌刷洗设备、自动剥锌生产线下部接锌码垛传输设备、液压和电气控制系

[收稿日期] 2022-06-09

[作者简介] 王振启(1980—), 男, 辽宁大石桥人, 工程师, 工程硕士, 主要从事冶炼生产组织管理工作。

[基金项目] 北京市科技计划项目“有色金属电解过程智能剥离装备研制及示范应用”(Z171100000817011)

[引用格式] 王振启, 杨支海, 吕艳琼, 等. 基于图像识别系统的自动剥锌机智能剔补板技术研究[J]. 有色设备, 2022, 36(4): 11-15.



图 1 大极板自动剥锌生产线

统三部分。自动剥锌生产线上部剥锌刷洗设备由预剥离设备、主剥离设备、阴极板间距调整设备、阴极板输送线、横向输送链、自动踢板设备、自动补板设备、刷洗设备组成；自动剥锌生产线下部接锌码垛传输设备由溜槽、皮带输送机、码垛机、自动称重、自动喷码、铲装机构、锌垛输送链组成；液压和电气控制系统由液压站、阀块组件、传动柜、控制柜、操作箱、电气元器件组成。各个设备协同配合,实现锌电解过程自动化剥锌作业。

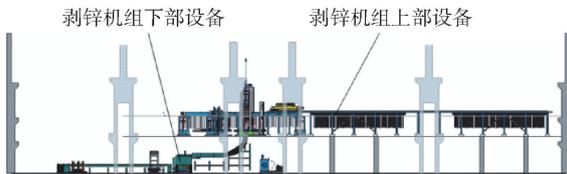


图 2 自动剥锌生产线结构组成图

新疆紫金有色金属有限公司建成的年产 15 万吨锌电解自动剥锌生产线如图 3 所示,在电解车间布置 3 台套自动剥锌刷洗机组,实现全自动生产运行。

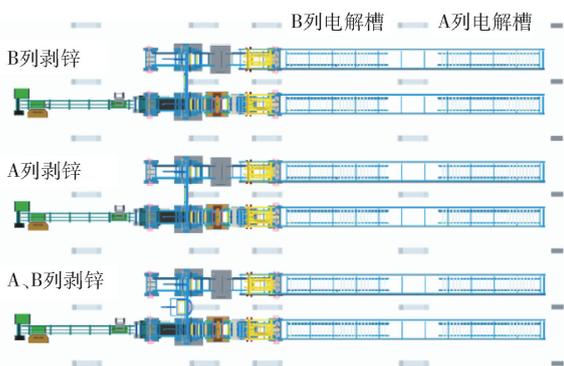


图 3 剥锌机组布置图

自动剥锌生产线的剥离、刷洗、图像识别、剔板、补板工作流程,如图 4 所示。

锌电解车间的电解槽分为 A、B 两个系列,电解周期为 48 小时。以 A 列电解槽和对应的自动剥锌

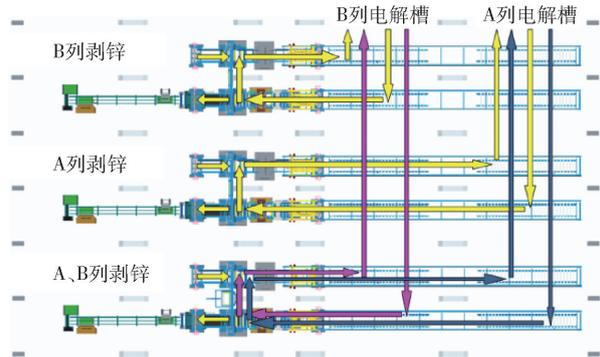


图 4 剥锌系统作业流程

生产线为例对剥锌系统作业流程进行说明。首先,自动天车通过专用吊具将电解槽中的带锌阴极板吊装到对应的放板架上(57 片),然后运板小车自动运行至放板架处,抓取 19 片阴极板,转运至偏跨剥锌区域,放置在剥锌链条上,检测到有阴极板后,剥锌系统的传输链条开始步进输送阴极板至预剥离工作,完成预剥离作业后将预开口的阴极板放置回链条,预剥离作业同主剥离作业并行同步进行,通过阴极板间距调整装卸机构将预开口的阴极板放置主剥理工位下方,进行主剥离作业,同时将主剥离后的阴极板放回至阴极输送链条。下一步对主剥离作业后的阴极板进行图像识别,判别检测阴极板表面是否剥离干净。如果判定合格,将继续正常传输至横向输送链,然后由挂取板机构将阴极板放回至刷洗线进行阴极板刷洗作业,再由转运小车转运回放板架,等待天车将剥离刷洗后的阴极板放回至电解槽进行循环电解,如此循环,完成自动剥锌刷洗作业。同时,主剥离后的锌片经过溜槽由二楼溜到一楼,方向有垂直方向变为水平运动,依靠自身惯性滑入至传输皮带,通过皮带输送至码垛机,然后进行码垛,码垛完成传输至自动称重工位称重,再传输至铲装工位,等待铲车转载至熔铸车间熔铸作业。如果主剥离作业后的阴极板经图像识别系统判断为不合格阴极板,就会自动启动剔板和补板作业。主剥离后的阴极板由剔板小车将不合格阴极板剔除至剔板链条上,同时补板小车会将补板链条上合格的阴极板回补到横向输送链上,确保不空板连续自动化运行,避免了人工干预,从而实现自动剥锌生产线的高效安全运行。

2 剥锌机自动剔补板机构工作原理分析

剔板机构用于将剥锌传输链上的合格阴极板,

挂到横向链设备的挂勾上,为阴极板横向转移奠定基础;或将不良板剔除到剔板链上,实现对不良板的剔除操作。补板机构用于将横向链设备挂勾上的阴极板取下并放到刷洗传输链设备上,实现阴极板通过传输链向刷洗机的传输;或将合格阴极板从补板链补充到刷洗传输链设备上,实现对合格阴极板的补板操作。

剔板机构与补板机构结构相同,仅是设备运行方向不同,下面以剔板机构为例说明装置的结构和工作原理。

2.1 自动剔板机构结构组成

剔板机构的结构组成如图5所示。剔板机构主要由设备底座、升降装置、升降和水平油缸、小车底盘、导向装置组成。其中设备底座与厂方土建预埋件固定连接,小车底盘下方设计由4个滚轮,可以在设备底座上表面的V型导轨上前后移动,实现水平方向的运行。竖直方向经升降装置实现,通过导向筒导向,油缸伸缩实现竖直方向的运行,水平方向和竖直方向移动的驱动力均通过液压系统驱动油缸实现。升降装置的上部设计有两个举升叉板,叉取阴极板上部导电梁的两端,然后配合剔板机构实现水平移动和升降装置的上下移动,从而实现阴极板的挂板作业或自动剔板功能。

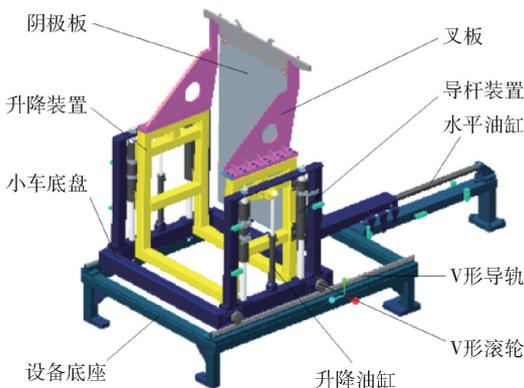


图5 自动剔板机构的结构图

剔板机构上传感器安装图如图6所示,设计有6个感应条和6个接近开关,实时监测实现自动运行。

2.2 自动剔板机构工作过程与原理

剔板机构的作用是将剥锌传输链设备上的不良板剔除到剔板链上,实现对不良板的自动剔除操作。

(1) 初始位置

剔板机构处在初始位置情况如图7所示。小车

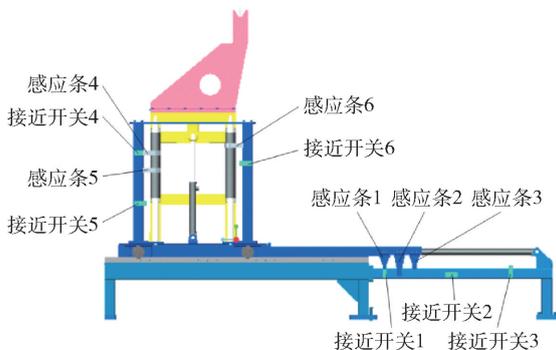


图6 剔板机构传感器安装图

底盘停靠在剔板机构的左端位置处,升降装置处在下落底部位置,延长纵向链右端接近开关1上有阴极板,接近开关1有信号,该阴极板在叉板叉口的正上方;剔板链链轮轴正上方的链条齿槽处已空出位置,该处接近开关2无信号,可以接收阴极板;横向链设备挂板工位光电开关无信号,横向链设备挂板工位的挂钩上没有阴极板。剔板作业过程首先是举升阴极板,然后水平移动阴极板,再下放阴极板,最后回到初始位置。

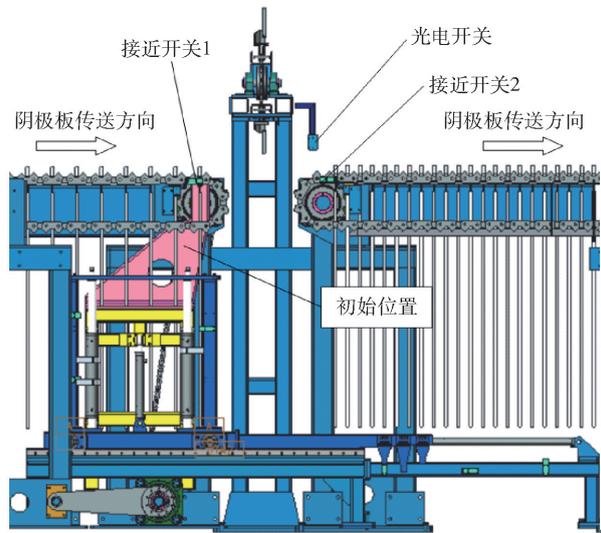


图7 自动剔板机构处在初始位置

(2) 剔板机构举升作业

检测到举升信号,液压系统驱动升降油缸使升降装置上升,直至升降装置的中间位置,叉板上升后叉口举起延长纵向链上最右侧的阴极板,剔板机构处在中位举升位置如图8所示。此时阴极板已经脱离链条,可以进行水平方向移动。

(3) 剔板机构水平移动作业

检测到水平移动信号,液压系统驱动水平牵引

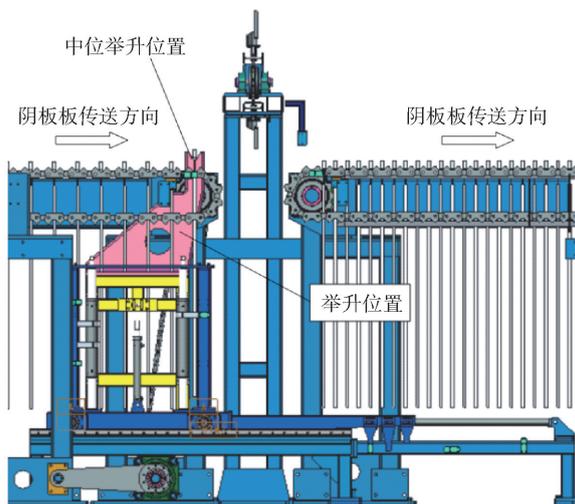


图8 剔板机构处在举升位置

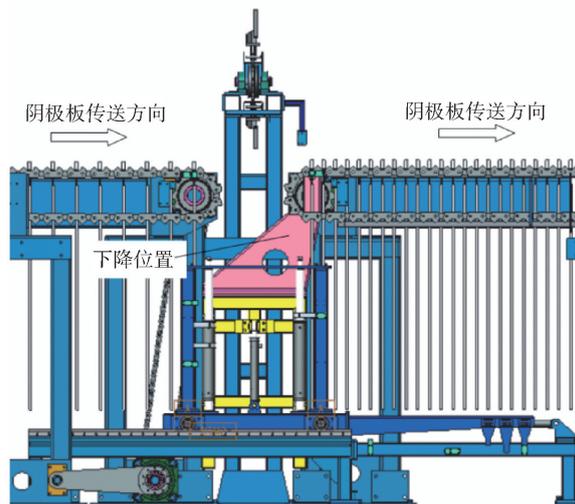


图10 剔板机构处在下降位置

油缸使小车底盘向右移动,运行至水平方向的右端位置,如图9所示。此时小车举升叉板的叉口将阴极板移动到剔板链接近开关2的正上方,为剔板做好准备。

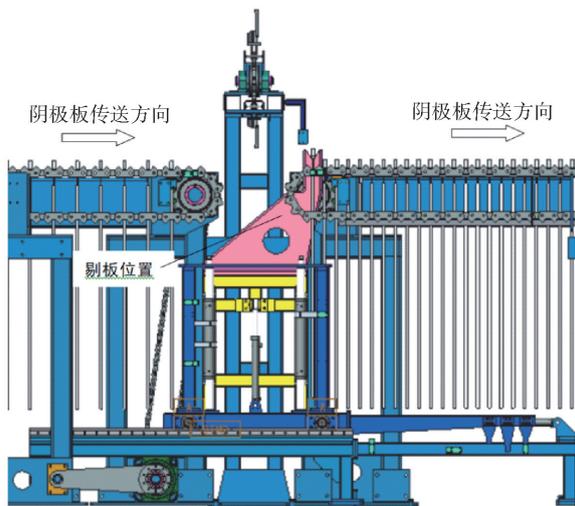


图9 剔板机构处在水平移动的右端位置

在剔板小车水平移动阴极板后,剥锌传输链向右传送一步(180 mm)阴极板,接近开关1有信号,为剔板小车下一次剔板做好准备。

(4) 剔板机构下放作业

检测到下降信号,液压系统驱动升降油缸使升降装置降至最低位置,叉口承载的阴极板就被放置在剔板链的链条上,如图10所示。此时接近开关2检测到阴极板,剔板链向前进一步,空出接近开关2上方位置,为下次接收剔出的阴极板做好准备。

(5) 回归初始位置

检测到水平移动信号,液压系统驱动水平油缸使小车底盘向左运动,运行至左端位置。此时剥锌传输链也完成向右一倍间距的移动,将阴极板移动到叉板叉口的正上方,此时接近开关1有信号,为下次挂板(剔板)小车剔板做好准备。挂板(剔板)小车回到左端初始位置如图11所示,挂板(剔板)小车经过上述移动过程,实现阴极板从剥锌传输链到剔板链的剔板作业。

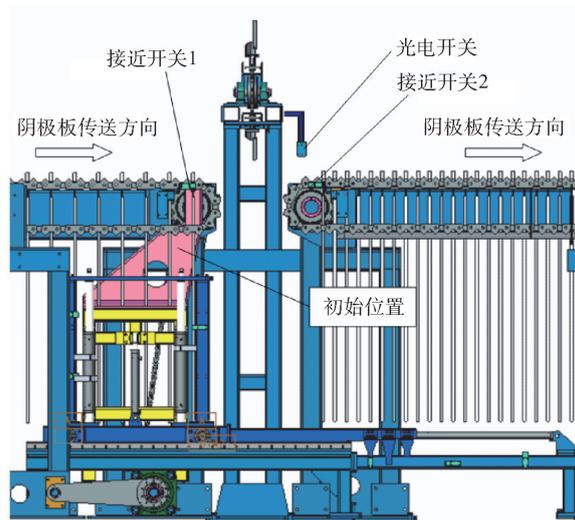


图11 剔板机构左侧初始位置

对于设置在刷洗线的补板机构来说,其与设置在剥锌线的剔板机构工作原理相同,只是补板机构的运行方向与剔板机构的运行方向正好相反。通过补板机构的反向移动过程,可以实现从补板链到刷

洗传输链的补板操作。

3 自动剔补板机构液压工作原理分析

剔板机构的液压系统用来对剔板机构的小车底盘和升降装置的运动进行控制,实现阴极板移栽动作的平稳和快速。剔板机构的液压系统与间距调整设备的液压系统基本相同,不同之处仅为油缸行程不同,其工作原理是相同的,而补板机构的液压系统与剔板机构的液压系统完全相同,如图 12 所示。

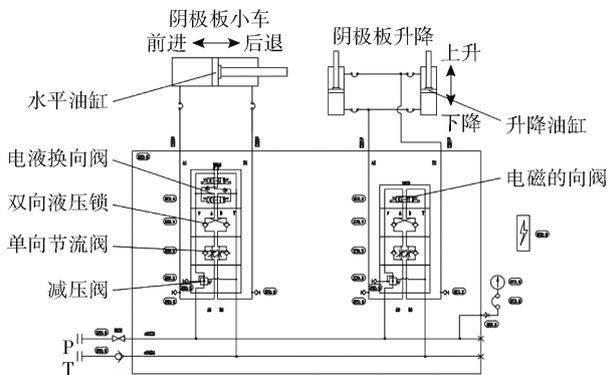


图 12 剔补板机构液压系统

4 应用实例

目前,北矿机电科技有限责任公司研制的带有图像识别系统的大极板智能剥锌生产线及自动剔补板机构在国内外锌冶炼企业得到成功应用,实现了剥锌刷洗生产线的自动化、智能化及无人化。比如新疆紫金有色金属有限公司、云南驰宏锌锗会泽冶炼分公司等企业,现场应用图如图 13 所示。



图 13 新一代大极板自动剥锌机组现场应用图

5 结论

(1) 针对国内外锌冶炼行业现状及存在的弊端,北矿机电科技有限责任公司研制了全新一代大极板自动剥锌机组,由机械剥锌替代人工剥锌机,实现了剥锌的自动化、智能化、无人化。

(2) 研究介绍了全新一代大极板自动剥锌机的结构组成和工作原理,具有一定的现实指导意义。

(3) 针对生产过程中不良板换取劳动强度大、效率低、安全性低等弊端,国内外首次提出了一种全新的大极板剥锌机自动剔补板机构,并对其工作过程和液压控制原理进行分析,为智能剥锌技术发展提供理论参考和技术支持。

(4) 该技术在国内知名企业得到广泛应用,工业应用效果远超进口设备及国内同行,经中国有色金属工业协会鉴定,技术达到国际领先水平。

[参考文献]

- [1] 宁媛松,李恒通,石峰,等.全自动剥锌机阴极板对接系统的设计[J].机械制造,2020,58(5):25-28.
- [2] 王振启,杨支海,吕艳琼,等.基于增量式编码器的运板小车定位控制系统设计[J].中国矿业,2021,30(S1):170-174.
- [3] 杨支海,姜勇,吕艳琼,等.智能剥锌机剥离过程结合界面端应力奇异性研究[J].中国矿业,2021,30(S1):162-165.
- [4] 韩晓明.自动剥板系统在大极板锌电解中的应用研究[D].昆明:昆明理工大学,2015.
- [5] 罗涛.大极板电积锌技术和设备的发展[J].世界有色金属,2019(18):41-44.
- [6] 伍文丙.锌电积大极板和自动化剥锌的应用实践[J].中国有色冶金,2013(6):32-34.
- [7] 韩海燕.锌电积大极板工艺技术的应用[J].世界有色金属,2016(15):27-28.
- [8] 全一喆.大极板锌电积工艺及其生产自动化[J].矿冶,2018,27(3):93-96.
- [9] 王占林.近代电气液压伺服控制[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [10] 吴振顺.液压控制系统[M].北京:高等教育出版社,2008.

(下转第 31 页)

Control Algorithm Design and Test Analysis of the Autonomous Loading Process of Underground LHDs

WANG Zhen-qi, YANG Zhi-hai, ZHAO Xiao-yan, YAN Bo, WANG Bo-jian

Abstract: Taking the loading mechanism of a certain underground load-haul-dump (LHD) as the object of study, the article first describes the composition and working principles of the LHD and its loading mechanism, and then probes into the autonomous process based on different loading methods to achieve autonomous loading. A curve describing the movement of the bucket was mapped out and tracked. Then a control algorithm was developed based on expert knowledge, and was tested. According to the test results, the autonomous loading was of high precision and reached the standard for the full-bucket rate. The accuracy and reliability of the algorithm was thus verified.

Key words: underground LHDs; autonomous loading; control algorithm



(上接第 15 页)

Pattern-Recognition-Based Plate Replacement Technology for Automated Zinc Plate Strippers

WANG Zhen-qi, YANG Zhi-hai, LV Yan-qiong, ZHAO Xiao-yan

Abstract: The article introduces an improvement to the automatic large-cathode zinc stripper developed by BGRIMM Machinery & Automation Technology. The article begins with an overview of the basic structure and work process of the BKA automatic stripper, then analyzes the structural design and work process of the cathode plate automatic replacement mechanism. The mechanism solves the problem of replacing bad quality plates on line, and greatly increases the stripping efficiency and the reliability and safety of the stripper, having important implications to the stripping application.

Key words: large cathode plate; automatic zinc stripper; automatic plate replacement mechanism

