

# 阴极板移载小车结构及运行原理设计

钟国伟<sup>1</sup>, 刘宝松<sup>2</sup>, 王 勇<sup>3</sup>, 石 峰<sup>4</sup>, 姜 勇<sup>4</sup>

(1. 新疆紫金有色金属有限公司, 新疆 乌恰 845450; 2. 呼伦贝尔驰宏矿业有限公司, 内蒙古 呼伦贝尔 021000;  
3. 云南驰宏锌锗股份公司会泽冶炼分公司, 云南 654211; 4. 矿冶科技集团有限公司, 北京 100160)

**[摘 要]** 通过阴极板移载小车结构及运行原理设计,首次将剪叉式机构与丝杠升降传动相结合,实现阴极板平稳升降;该移载小车将放板架上的阴极板,分三次自动移载到偏跨剥锌机处进行剥锌刷洗作业,并将剥锌刷洗后的阴极板,分三次自动移载到与行车对接的放板架上,实现剥锌系统阴极板的自动移载,及偏跨剥锌系统与阴极板行车的柔性对接。该移载小车在偏跨剥锌生产线上投入生产,取得了良好应用效果。

**[关键词]** 阴极板; 移载设备; 剥锌机

**[中图分类号]** TF813

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1003-8884(2022)02-0036-05

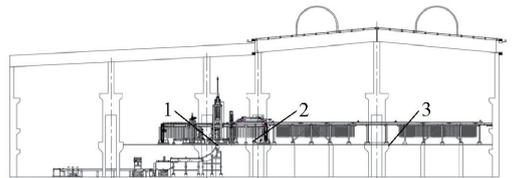
**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.02.009

大极板是电锌生产的发展方向,具有占地面积小、自动化水平高、操作环境好等优点<sup>[1-4]</sup>。目前大极板剥锌设备布置方式主要有厂房中央布置和厂房偏跨布置。厂房偏跨布置方式可以使剥锌机主体设备布置在主厂房侧面的偏跨厂房内,这样一方面可以减少主跨厂房内酸雾对剥锌机及设备操作人员的不良影响,另一方面可以降低阴极板行车取放阴极板过程对剥锌机作业效率的不良影响,提高剥锌机组的作业效率。在剥锌设备厂房偏跨布置方案中,从厂房主跨到厂房偏跨距离较远,如何高效地将阴极板从厂房主跨运输到厂房偏跨,是实现偏跨剥锌方案需要解决的关键问题。

## 1 阴极板移载小车的作用

在厂房偏跨布置剥锌方案中,剥锌设备总体布置图如图1所示。

图中右半部分厂房为电解车间主跨厂房,电解槽和阴极板行车设置在主跨厂房内;图中左半部分



1. 偏跨剥锌设备 2. 阴极板移载小车 3. 放板架

图1 厂房偏跨剥锌设备总体布置图

厂房为电解车间偏跨厂房,包括左侧和右侧两列电解槽;剥锌机的主体部分设置在偏跨厂房内,仅有放板架设置在主跨厂房内。由于主跨放板架上阴极板到偏跨剥锌设备的距离有几十米,如采用链条传输阴极板,链条长度较大,链条磨损累计长度误差会比较大,影响链条上阴极板的定位精度,给偏跨剥锌作业带来不利影响;此外,当主跨阴极板行车放板和取板时,剥锌机必须停下来等待放板或取板完成后才能继续剥锌,严重影响剥锌作业的生产效率,为解决这些问题,设计一种高效的阴极板移载方式和阴极板移载小车。

阴极板行车一次吊运 57 块阴极板,为了减少设备长度、降低造价及提高设备灵活性,阴极板移载小车设计时选择一次可以运输 19 块阴极板,阴极板移载小车用三次运输来完成行车一吊阴极板的移载工作。通过采用阴极板移载小车来运输阴极板,保障剥锌机阴极板供板及回板过程,与阴极板行车放板或取板过程是柔性连接,两者作业相互独立、互不影响,提高了剥锌机组及阴极板行车的运转效率,从而

**[收稿日期]** 2021-12-06

**[作者简介]** 钟国伟(1989—),男,福建武平人,化工工程师,大学本科,主要从事有色冶金装备管理工作,现任新疆紫金有色金属有限公司湿法厂厂长。

**[基金项目]** 北京市科技计划“有色金属电解过程智能剥离装备研制及示范应用”(Z17110000817011)

**[引用格式]** 钟国伟,刘宝松,王勇,等. 阴极板移载小车结构及运行原理设计[J]. 有色设备,2022,36(2):36-40.

提升了整个剥锌系统的生产效率。

## 2 阴极板移栽小车的设计

### 2.1 阴极板移栽小车的结构设计

阴极板移栽小车结构设计图如图 2 所示。阴极板移栽小车主要由小车车架、阴极板托架、剪叉式机构、车轮组件、电机减速机、丝杠升降机和传感器等组成。其中,小车车架上安装有车轮组件,可使小车在放板架轨道上行走,前面的两个车轮组件分别由两个电机减速机驱动,移栽小车一侧的两个车轮组件分别安装 2 个水平轮,2 个水平轮与导轨左右两

侧面接触,起到导向作用。剪叉式机构安装在小车车架上,剪叉式机构在丝杠升降机的驱动下,可实现升降运动。阴极板托架安装在剪叉式机构上,随着剪叉式机构一起升降运动。阴极板托架设有托板,托板上带有齿板,齿板托住阴极板的吊耳,在阴极板托架升降时,齿板可以托起阴极板一起升降,阴极板移栽小车一次可以移栽 19 块阴极板。移栽小车的运动由自动控制程序来控制,其升降位置和水平行走位置由传感器信号来感知,通过丝杠升降机和行走电机减速机按照程序通电和断电,阴极板被小车移栽到预定位置。

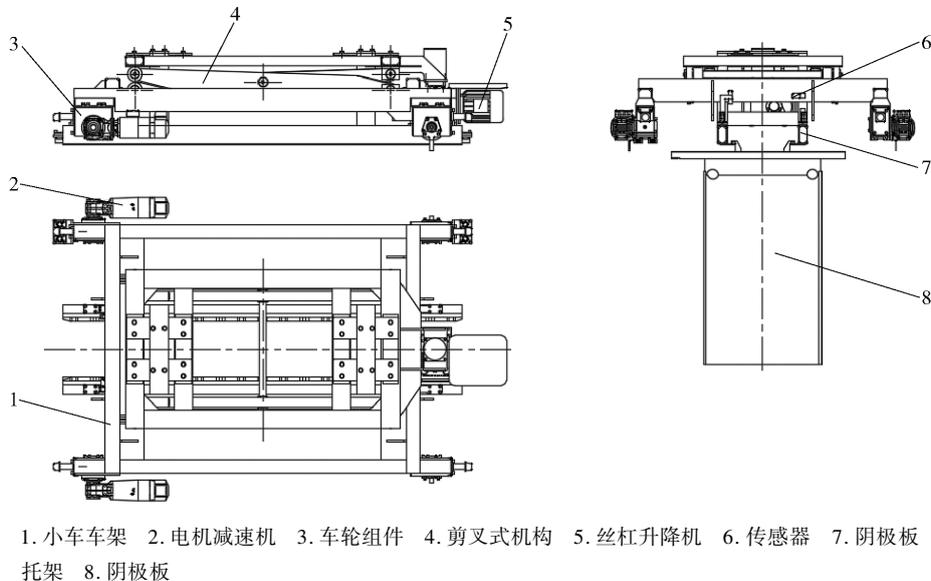


图 2 阴极板移栽小车结构设计图

### 2.2 阴极板移栽小车工作过程与原理

阴极板移栽小车在电解车间厂房主跨和偏跨之间运输阴极板,每台剥锌机配备 2 台阴极板移栽小车,一台阴极板移栽小车将带锌片阴极板从主跨放板架运输到偏跨剥锌传输链;另一台阴极板移栽小车将刷洗后的阴极板从偏跨刷洗传输链运输到主跨放板架。两台移栽小车工作原理相同,以带锌片阴

极板从主跨放板架运输到偏跨剥锌传输链为例说明移栽过程。

#### 2.2.1 初始位置

阴极板移栽小车在工作过程中不断进行循环往复运动,为了方便描述设置一个起点作为阴极板移栽小车的初始位置,阴极板移栽小车第一次移栽的初始位置如图 3 所示。此时,在电解厂房主跨左侧

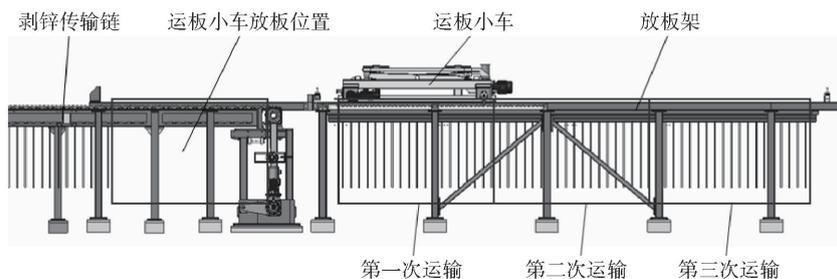


图 3 阴极板移栽小车第一次移栽的初始位置

电解槽对应的放板架上,已由行车放好一吊 57 块阴极板,阴极板移栽小车位于图示位置,准备从右向左分三次运输这一吊阴极板。

阴极板移栽小车的移栽运行可分为举升阴极板、水平移动阴极板、下放阴极板及回归初始位置。

### 2.2.2 举升阴极板

阴极板移栽小车丝杠升降机驱动阴极板托架上升到高位,阴极板托架一次托起 19 块阴极板。此时



图4 阴极板移栽小车到达放板位置

### 2.2.4 下放阴极板

阴极板移栽小车丝杠升降机驱动阴极板托架下降到低位,阴极板托架将 19 块阴极板放到剥锌传输链的链条齿槽处。此时,阴极板托架上的齿板脱离阴极板吊耳,处在阴极板吊耳和导电梁的中间脱离接触,阴极板移栽小车可以相对于阴极板前后移动。放到剥锌传输链的 19 块阴极板通过步进传输,为偏跨剥锌设备供应带锌片的阴极板。当这 19 块阴极板依次剥离完成后,空出剥锌传输链放板位置,阴极板移栽小车可以再次放板。

19 块阴极板导电梁脱离放板架齿板的齿槽限制,可以进行阴极板移栽小车水平方向的移栽运输。

### 2.2.3 水平移动阴极板

电机减速机驱动阴极板移栽小车车轮转动,小车承载 19 块阴极板向左运行,直至达到阴极板移栽小车放板位置,如图 4 所示,此时阴极板移栽小车承载的 19 块阴极板处在剥锌传输链齿槽的正上方,剥锌传输链短暂停止移动,等待接受该 19 块阴极板。

### 2.2.5 回归初始位置

电机减速机驱动阴极板移栽小车空载向右运行,直至达到阴极板移栽小车第二次取板初始位置,如图 5 所示。此时阴极板移栽小车阴极板托架上齿板的齿槽处在阴极板导电梁的正下方,处在第二次移栽的初始位置,可以再次举升和移栽运输 19 块阴极板,依此完成第二次和第三次阴极板的移栽作业。

通过阴极板移栽小车三次移栽运输,可完成行车一吊 57 块阴极板的移栽运输工作。

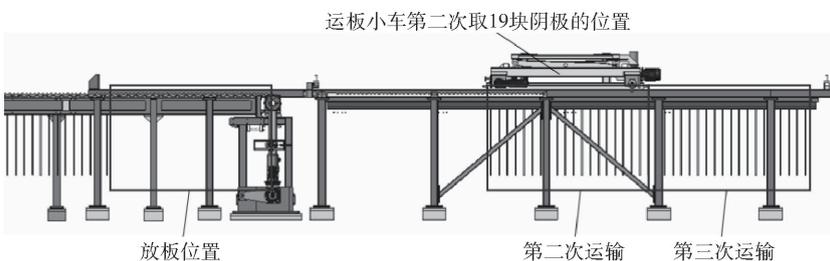


图5 阴极板移栽小车第二次移栽的初始位置

## 2.3 阴极板移栽小车设计选型与计算

### 2.3.1 丝杠升降机选型和计算

选择带有自锁功能的蜗轮蜗杆丝杠升降机,型号为 ZMDP12-L25-B130S-5.5。该丝杠升降机蜗轮和蜗杆的速比为 32,升降总行程是 120 mm,蜗杆输入端转一圈,丝杠螺母升降 0.5 mm,电机功率 5.5 kW,转速 1 450 r/min,顶升能力为 100 kN,移栽小车举升速度为 0.012 m/s。

阴极板移栽小车一次移栽 19 块阴极板,每块带锌片的阴极板质量 130 kg,19 块阴极板的总质量为 2 470 kg。

丝杠升降机驱动电机的功率计算<sup>[5-7]</sup>如下。

$$N_1 = \frac{(m_1 + m_2)gv}{\eta_1} = \frac{(2\,470 + 1\,100) \times 9.81 \times 0.012}{11\%} = 3.82 \text{ kW} \quad (1)$$

式中  $m_1$ —19 块带锌片阴极板的总质量,  $m_1 =$

2 470 kg;

$m_2$ —移栽小车举升部分的质量,  $m_2 = 1\ 100\ \text{kg}$ ;

$g$ —重力加速度,  $g = 9.81\ \text{m/s}^2$ ;

$v$ —移栽小车举升速度,  $v = 0.012\ \text{m/s}$ ;

$\eta_1$ —蜗轮蜗杆丝杠升降机的传动效率,  $\eta_1 = 11\%$ 。

该计算出需要的电机功率为 3.82 kW, 小于配套的电机额定功率 5.5 kW, 满足要求。

### 2.3.2 行走驱动电机减速机选型和计算

行走驱动选择带有制动器的电机减速机, 保障移栽小车停靠位置准确, 电机减速机型号为 KAF47DRE90L4/BE2/TF/V, 该减速机速比为 29.32, 电机额定功率 1.5 kW, 转速 1 450 r/min。左右车轮组件各装配有一套电机减速机, 同时驱动车轮行走, 电机额定功率合计为 3.0 kW, 电机额定扭矩合计为 19.0 Nm。移栽小车行走速度为 0.5 m/s, 移栽小车质量 2 100 kg。

移栽小车行走驱动力的计算<sup>[8-10]</sup>如下式所示。

$$F_1 = \frac{Mi\eta_2}{R} = \frac{19.0 \times 29.32 \times 0.95}{0.1} = 5.3\ \text{kN} \quad (2)$$

式中  $M$ —电机额定扭矩,  $M = 19.0\ \text{Nm}$ ;

$i$ —减速机的速比,  $i = 29.32$  kg;

$\eta_2$ —减速机的传动效率,  $\eta_2 = 0.95$ ;

$R$ —车轮的半径,  $R = 0.1\ \text{m}$ 。

移栽小车行走滚动阻力的计算如下。

$$F_2 = \frac{(m_1 + m_3)g\mu_k}{R} = \frac{(2\ 470 + 2\ 100) \times 9.81 \times 0.002\ 5}{0.1} = 1.1\ \text{kN} \quad (3)$$

式中  $m_1$ —19 块带锌片阴极板的总质量,  $m_1 = 2\ 470\ \text{kg}$ ;

$m_3$ —移栽小车的质量,  $m_3 = 2\ 100\ \text{kg}$ ;

$g$ —重力加速度,  $g = 9.81\ \text{m/s}^2$ ;

$\mu_k$ —车轮滚动摩擦因数,  $\mu_k = 0.002\ 5$  m;

$R$ —车轮的半径,  $R = 0.1\ \text{m}$ 。

该计算出的移栽小车行走驱动力  $F_1$  远大于行走滚动阻力  $F_2$ , 富裕的小车行走驱动力, 用于克服在移栽小车阴极板托架插入阴极板吊耳过程中的碰撞力和摩擦力, 使移栽小车可以稳定可靠运行。

## 3 工业应用

阴极板移栽小车成功应用于国内某冶炼厂的大

极板剥锌系统中, 工业应用照片如图 6 所示。阴极板移栽小车将行车放在主跨放板架上的阴极板移栽到偏跨剥锌机处, 并将偏跨刷洗机输出的阴极板移栽到主跨放板架上, 最后阴极板由行车返回电解槽, 完成阴极板出装槽作业。阴极板移栽小车与阴极板放板架及偏跨剥锌设备具有良好的配合运行效果, 阴极板移栽小车结构紧凑、阴极板移栽速度快、运行平稳可靠。阴极板移栽小车的研制成功, 保障了偏跨剥锌设备的高效可靠运行, 提高了整个剥锌系统的作业效率和可靠性, 降低了能耗。



图 6 工业应用图

## 4 结论

(1) 通过阴极板移栽小车结构及运行原理设计, 首次将剪叉式机构与丝杠升降传动相结合, 实现阴极板平稳升降; 将放板架上的阴极板, 分三次自动移栽到偏跨剥锌机处进行剥锌刷洗作业, 并将剥锌刷洗后的阴极板, 分三次自动移栽到与行车对接的放板架上, 实现剥锌系统阴极板的自动移栽及与阴极板行车的柔性对接, 为实现在厂房偏跨剥锌作业奠定了坚实基础。

(2) 工业应用表明, 该阴极板移栽小车具有可靠、高效、紧凑、便于维护的优点, 良好解决了大极板偏跨剥锌涉及的阴极板长距离自动移栽问题, 填补了国内空白, 设备技术能超过国外同类产品, 达到国际领先水平。

### [参考文献]

- [1] 江传瑜. 保尔沃特锌大板电积工艺的技术和主要设备[J]. 铜业工程, 2010(3): 34-39.
- [2] 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, 42(6): 32-34.
- [3] 严远忠. 长周期锌电积生产实践[J]. 湖南有色金属, 2011, 27(3): 23-25.
- [4] 赵继平. 基于 Pro/E 和 ANSYS 的大极板预剥离机设计与应用[J]. 机械制造, 2016, 54(8): 76-78.

- [5] 宫敏利. 单叉剪式升降台结构相关参数计算公式的确定[J]. 机械管理开发, 2018, 33(11): 26 - 28.
- [6] 王铎, 王尚斌, 李超, 等. 基于虚功原理剪叉机构驱动力计算[J]. 锻压装备与制造技术, 2020, 55(2): 36 - 38.
- [7] 朱建国. 横向往滚珠丝杠驱动升降平台设计要点分析[J]. 现代制造技术与装备, 2020(6): 110 - 113.
- [8] 吴慧君, 蒋庆磊. 一种用于机床上下料的工业机器人行走机构设计[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 18(9): 72 - 73.
- [9] 胡艳凯. 单驱动平板小车行走机构设计[J]. 武汉职业技术学院学报, 2020, 19(2): 115 - 117.
- [10] 裴宝仁, 朱昌彪. 轮胎式集装箱起重机轮边驱动机构设计[J]. 起重运输机械, 2020(11): 47 - 51.

## Design of Structure and Operation Principle of Cathode Plate Transfer Trolley

ZHONG Guo-wei, LIU Bao-song, WANG Yong, SHI Feng, JIANG Yong

**Abstract:** Through the design of structure and operation principle of the cathode plate transfer trolley, the scissors mechanism is combined with the screw lifting transmission for the first time to realize the stable lifting of the cathode plate; the transfer trolley automatically transfers the cathode plate on the plate rack to the zinc stripper in the side-bay for zinc stripping and brushing operation in three times; after that, the transfer trolley automatically transfers the cathode plate to the plate rack butted with the crane in three times, so as to realize the automatic transfer of the cathode plate of the zinc stripping system and the flexible connection between the side-bay zinc stripping system and the cathode plate crane. The transfer trolley has been put into production and application in the side-bay zinc stripping production line, and achieved good application results.

**Key words:** cathode plate; transfer equipment; zinc stripper



(上接第 32 页)

## Modeling and Transient Dynamics Analysis of Zinc Stripping Process of Intelligent Zinc Stripping Machine

ZHANG Zhi-guo, JIANG Zhi, WANG Yong, JIANG Yong, GUO Xin

**Abstract:** This paper takes the intelligent zinc stripping machine developed by Beijing General Research Institute of Mining & Metallurgy as the research object, analyzes the basic structure and stripping process of zinc slab, establishes the simulation model of zinc stripping process, as well as simulates and analyzes its transient dynamic characteristics. The variation laws of stripping load and tool stroke of single principal stress cohesion model and mixed cohesion model are obtained respectively, which provides theoretical reference and technical support for the optimization and intelligent control of zinc stripping process of the intelligent zinc stripping machine. This method has broad application prospects in engineering practice.

**Key words:** intelligent zinc stripping machine; stripping of zinc slab; transient dynamics

