

Research on Automatic Loading and Unloading Device of Large Size Thick Plate in Plate Rolling Machine

Yongyi Pei Xianfeng Shi Ningsheng Chen Pengkang Wang Haibin Zhang

Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd. Changqing Drilling Corporation Equipment Company, Yinchuan, Ningxia, 750003, China

Abstract

Because the existing trigger rolling machine has no special loading and unloading device, the rolling machine has the problems of pressing large size and thick steel size ($9\text{m} \times 2\text{m} \times 0.006\text{m}$). In order to improve the working efficiency and make the rolled steel plate fully meet the technical requirements, a completely automatic steel plate loading and unloading device is developed. The automatic loading and unloading device consists of seven parts: automatic feeding and unloading support frame, automatic feeding righting unit, automatic mold release mechanism, automatic feeding servo drive system, hydraulic control system, electrical control system and safety protection system. The automatic loading and unloading device shall cover the contents of each process and can meet the functions realized by each process. Finally, the steel plate automatic conveying, rolling, output function.

Keywords

rolling machine; automatic conveying; loading and unloading; positioning guidance; automatic control

轧板机大尺寸厚板自动上下料装置研究

裴勇毅 石宪峰 陈宁生 王朋康 张海滨

川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司装备公司, 中国·宁夏 银川 750003

摘要

由于现有的轧板机无专用上下料装置, 轧板机在压制大尺寸较厚钢板(钢板规格: $9\text{m} \times 2\text{m} \times 0.006\text{m}$)时, 存在上下料效率低下, 轧制尺寸超差等问题。为了提高工作效率, 使轧制钢板完全符合技术要求, 研究出一种完全自动的钢板上下料装置。自动上下料装置由自动进下料支撑机架、自动进料扶正单元、自动脱模机构、自动送料伺服驱动系统、液压控制系统、电气控制系统、安全防护系统等七部分组成。自动上下料装置应全程覆盖各个工序内容, 能够满足各工序所实现的功能。最终实现钢板自动输送、轧制、输出功能。

关键词

轧板机; 自动输送; 上下料; 定位导向; 自动控制

1 引言

目前现有的轧板机轧制瓦楞钢板时, 需人工手动调整钢板轧制位置, 由于钢板进货尺寸较大钢板规格: $9\text{m} \times 2\text{m} \times (\geq 0.006\text{m})$, 人工调整费时费力, 完成单张瓦楞板轧制, 需要 4~5 人相互配合, 耗时 40~50min, 而且人工无法精确控制钢板相对于轧板机模具的准确位置, 造成成品尺寸超差。为提高工作效率, 保证成品参数达到技术要求, 需要研制一种专用自动上下料装置。

2 自动上下料装置总体功能简介

钢板轧制分为上料、轧制、下料三个工序。自动上下料装置应全程覆盖各个工序内容, 能够满足各工序所实现的

功能。最终实现钢板自动输送、轧制、输出功能。

上料工序: 原始钢板放置在上料平台合适位置后, 轧板机油缸活塞杆自动上升到一定距离后停止运行, 等待钢板输送。自动装置上料机构按照预设程序将钢板扶正, 使钢板与轧板机模具相对位置满足轧制要求。此后, 平台夹持机构将钢板分段夹持, 保证钢板输送时, 运行平稳, 不会出现上下跳动、阻滞、送料不均匀现象。

轧制工序: 输送机构停止运行, 定位推移装置按照设定参数将钢板推移输送到轧板机模具上方后, 轧板机液压系统开始轧制钢板。油缸活塞将钢板压入模具后, 计时器开始计时, 保压到预设数值后, 油缸活塞杆收缩, 完成轧制。

下料工序: 轧制完成后, 钢板脱模机构将模具中的瓦楞钢板托举出模具, 红外机构判断钢板完全脱离模具后, 输送机构再次启动, 轧制后的瓦楞板移出轧制位置, 待钢板运行到下一次轧制位置时, 开始循环轧制工序^[1]。

【作者简介】裴勇毅(1973-), 男, 中国陕西洛川人, 硕士, 高级工程师, 从事设备维修研究。

3 自动上下料装置需要解决的技术要点

①钢板上料、下料输出支架为钢板提供有效支撑。

②钢板导向技术。研究钢板输送装置，实现钢板在支架上平稳送料至轧板机制定位置。

③钢板扶正技术。研究钢板送料时自动扶正装置，实现钢板输送时，钢板位置方向达到指定要求。

④钢板自动定位技术。实现在不同状态下（轧制开始、轧制结束），钢板自动定位，保证轧制质量。

⑤钢板输送与轧制同步技术。实现钢板在不同工况下，输送、输出、轧制机构互相配合得当，防止出现干涉导致安全事故或轧制质量无法达标。

4 自动上下料装置技术要求

①装置能够满足 $9\text{m} \times 2\text{m} \times (\geq 0.006\text{m})$ （长×宽×高）钢板（材质：Q235A）的平稳输入输出，钢板轧制后尺寸精度符合如下技术要求：相邻轧制凹槽间距误差不大于2mm；轧制凹槽长度方向与钢板边线垂直度误差不大于2mm。

②上下料装置：能够完全支撑所需钢板，具有足够刚性，能够为钢板提供有效支撑；采用轨道滚动方式。轨道平整，端部设置阻挡块，装置在轨道上滚动平稳、灵活、无异响，无明显卡阻。

③钢板输送装置能够实现钢板在支架上平稳送料至轧板机指定位置。

④配备自动扶正装置，实现钢板输入、输出输送时，钢板位置方向自动达到如下要求：钢板总体长度方向与轧板机模具垂直度误差不大于2mm；钢板整体宽度包含在模具轧制范围内。

⑤配备钢板自动定位装置，实现在不同状态下（轧制开始、轧制结束），钢板自动定位，定位误差与自动扶正误差要求一致。

⑥配备钢板输送与轧制同步机构，实现钢板在不同工况下，输送、输出、轧制机构互相配合得当，防止出现干涉导致安全事故或轧制质量无法达标。

⑦控制系统分为自动、手动、应急三种模式。自动模式可实现自动扶正钢板位置、输送钢板（按照默认移动距离输送）、液压轧制、钢板脱模、钢板输出等功能连续动作，手动模式可根据需要在触摸屏上输入钢板移动距离，输入完成后，其余动作自动完成。应急模式可实现控制元件复位，所有操作人工完成。

⑧钢板举升机构可满足钢板轧制完成后，整块钢板连续完全脱离模具并在输送机构动作下，平稳输出。

⑨安全装置灵敏可靠，可紧急停止所有机构动作。

⑩电气控制正常、灵敏，控制柜布线整齐、标识齐全，有良好的密封性。

5 自动上下料装置各部分结构

自动上下料装置由自动进下料支撑机架、自动进料扶正单元、自动脱模机构、自动进料伺服驱动系统、液压控制系统、电气控制系统、安全防护系统等七部分组成。

①自动进下料支撑机架。由底座、工作台、送料进给部分组成。底座由钢板焊接结构，由伺服电机驱动齿轮链条进行送料。工作台上中间安装三排辊轮（自转），用于支撑钢板自重。支撑机架分为上料、下料部分，分别放置在轧板机两侧。

②自动进料扶正单元。由多组对称安装的丝杠、滚轮/直线导轨导向机构、推移气缸、夹持机构组成。推移装置将偏斜钢板通过推移进行扶正，保证钢板与轧板机模具呈垂直状态，钢板通过滚轮进行输送，夹持机构使钢板输送时与地面呈平行状态，减少因钢板高低不平导致的上下起伏、输送困难等现象。

③自动脱模机构。由多组连动式气缸、连杆机构、红外探测器、铰链机构组成，气缸可同时伸长、后退，实现钢板轧制后脱离模具^[2]。研究人员通过在机架内部设置可以移动的活动板，并由气动推杆对其进行移动驱动，进而不仅实现了驱动升降压块不断升降，还实现了对板材的不断定量输送功能，从而极大地提高了瓦楞板材冲压成型的加工效率，增强了设备使用的便捷性和实用性^[3]。

自动脱模机构与进料、轧制通过电气系统连锁控制。控制达到以下目的：当送料达到预定位置后，送料装置停止运行；当轧制完成后，液缸收缩至指定位置，限位开关运作，液缸停止动作；脱模完成后，红外探测确认，发送电信号，送料机构开始运作。

④自动进料伺服驱动系统。研究人员提供了一种瓦楞板输送纠偏装置，确保所有的瓦楞板出料在同一码垛上时能够叠加摆正。解决了其出料后因较大落差原因出现偏斜的问题。参考以上研究思路，本装置的自动进料伺服驱动系统由伺服电机、减速器、齿轮齿条机构、补偿气缸、推板等组成，可按照预设步距数据实现钢板按需求移动，也可通过触摸屏随时手动调整，该系统精确度可达1mm，完全满足钢板轧制技术需求。

⑤液压控制系统。液压传动和控制系统主要由油箱、油泵、集成式插装阀、充液阀、过滤系统等组成，借助于电气系统的控制，完成液压机各种动作的控制。

5.1 集成式插装阀

液压系统中阀块采用二通插装阀块，高度集成，二通插装阀具有结构紧凑，响应快，内泄小，动作灵敏可靠，流量大，抗污染能力强，使用维护方便，寿命长等优点。

5.2 充液阀

本机采用TRCF型充液阀，充液阀装在主缸的顶部，当滑块依靠自重吸油下行时，通过控制油打开主缸充液阀，使充液箱内油液大量流入主缸。当滑块回程时，控制油液先

打开预泄小阀芯,使主缸上腔泄压后,然后打开充液阀主阀,使主缸上腔油液排回油箱内。

5.3 油箱管路

油箱为钢板焊接结构,其上安装有液位指示计,空气滤清器等,油箱内表面经严格的除渣、酸洗。管路均采用法兰连接,各管路连接合理,便于拆卸。各油管在出厂前均严格的高压酸洗处理。

5.4 压力显示装置

本机主系统压力,辅助系统压力显示采用耐震压力表显示。液压系统中关键部位设有压力检测点,通过压力检测点可快速对液压机出现的故障进行诊断分析,监控液压机的工作状态。

5.5 安全过载保护措施

液压系统中安全过载保护措施。液压系统中设有安全溢流阀和主缸下腔 液压支撑保险回路,保证液压系统控制的安全和可靠性。

5.6 本机液压系统

采用伺服电机+内啮合齿轮泵控制,电机仅在滑块工作速度及回程时旋转,其余时间均处于静止状态,实现节能和降噪。PLC 控制不同电磁阀开合,联动控制液压站,实现钢板轧制。多路液压回路具备同步油路启动停止设计,同时满足进出料端油压回路同时启动停止功能,进出料端进出料抬起降落同时启动停止功能,和对射型油缸控制同时启动停止功能设计。为保证轧制质量,防止轧制回弹,系统设置保压时间,液缸活塞保持压力至一定时间后,结束轧制。

5.7 PLC 电气控制系统

5.7.1 PLC 简介

可编程逻辑控制器(PLC)是一种数字运算操作电子系统,由CPU(中央处理器)、存储器(系统存储器和外部存储器)、输入/输出(I/O)模块、电源模块、通信模块组成。中央处理器(CPU)负责执行外部程序、逻辑运算、处理各种数据;系统存储器储存系统固件数据,用户无法修改,外部存储器其内部存储器采用可编程设计,存储外部用户设定的即时数据;输入/输出模块用于接受系统各种电信号(外部机械、压力、声音、光等信号转变为电信号),并且按照系统指令输出电信号,从而达到控制外部元器件的目的。电源模块为系统提供稳定的电源,保证 PLC 的正常运行;通信模块实现 PLC 与外部输入设备(触摸屏、上位机等)的连接通信,是 PLC 处理外部数据的前期主要模块。PLC 的主要功能包括逻辑控制(开关控制、顺序控制)、定时控制(设备启动、程序定时循环等)、计量控制(运行次数、累计控制)、网络通信(通信模块控制外部通信设备)等^[4]。

5.7.2 PLC 电气控制

系统控制部分包括控制柜和移动操作台,控制箱安装在 PLC 可编程序控制系统,可完成对该机的全部动作的控制,控制柜上设有液压机各部分动作的操作按钮、功能转换

开关及各个电机的启停按钮等,移动操作台主要用于半自动工作,上有双手压制按钮、回程和急停按钮。PLC 电气控制系统组成包括伺服电机、伺服驱动器、PLC、时间继电器、10.4 英寸控制触摸屏、控制器、线路等组成。通过彩色触摸屏进行各数据的显示和控制及预设处理与存储,画面为人机交互式,可在屏幕上非常方便地预先对滑块的行程、压力、时间参数进行数字预置,清晰的显示其行程、压力、时间参数。电气控制柜内设置有通风换气装置,电气控制柜具有良好的密封性,能有效防止灰尘侵入。当输送到指定位置时,伺服电机的位移信号传递给 PLC,PLC 停止电机旋转,液压系统启动,液缸活塞下行,保压完成后,计数器传递电信号,PLC 控制脱模机构,使钢板脱离模具^[5]。PLC 电气控制系统具有多种功能之互锁功能:①在冲压主动作未发出准备好请求之前,送料进料等其他动作不能执行;②在冲压信号发出请求送料时,进料出料侧抬起机构动作同时执行;③在冲压信号发出请求送料时,钢板进料前进步距由多位置红外检测开关反馈位置信号。

5.8 安全保护

保护措施包括:双手按钮操作,当移动操作台上的工作方式半自动工作时,双手必须同时按下“工作”按钮才能开始工作;设有急停按钮,当机器发生异常时,按急停按钮压机动作全部停止;超载保护;液压系统中设有液压安全阀,确保压机不会超载;滑块行程位置控制设有上下限行程开关,以确保滑块动作的可靠性。

6 结语

轧板机自动上下料装置完全解决现有工装存在的人工扶正钢板、钢板输送不连续,需要人工频繁推移、轧制尺寸存在偏差等诸多缺点。通过该装置,不仅钢板轧制质量完全符合设计要求,而且可将钢板轧制时间降低 100%,参与人员从 4 人降低至 2 人,大幅提高生产效率,降低劳动强度。另外,由于该装置仅在钢板吊装时需要人力参与,将钢板输送、轧制、卸料等工序实现自动化,明显降低甚至杜绝工序中存在的物体打击、跌落等安全隐患,极大程度上保障了操作人员安全生产。

参考文献

- [1] 张宏亮.方坯直接轧制工艺及强化机理研究[D].北京:钢铁研究总院,2021.
- [2] 严智才.锌合金大锭自动脱模装置研究[D].昆明:昆明理工大学,2023.
- [3] 杜明芬.液压支架支护位姿自主控制系统及自主控制效果验证[J].机械管理开发,2024,39(9):239-240+243.
- [4] 杨晓光.功能复合膜喷印设备控制系统设计与实验研究[D].泉州:华侨大学,2023.
- [5] 赵辉,芦宇鹏,程亮,等.石油钻机电气控制系统及其功能优化研究[J].石化技术,2024,31(8):346-348.