

# 铁氧体磁瓦压机锁紧保护装置的研究与设计

赵修彬, 李小艳, 张纪, 彭正全

中钢天源股份有限公司, 安徽 马鞍山

收稿日期: 2025年5月6日; 录用日期: 2025年6月10日; 发布日期: 2025年6月19日

## 摘要

本文针对现有铁氧体磁瓦压机在液压系统故障时压头易坠落的安全隐患, 设计了一种锁紧保护装置。该装置通过防坠机构的设置, 有效限制压头的竖直移动, 避免其坠落, 保障设备及人员安全。本文详细阐述了该装置的设计原理、结构组成及工作过程, 并对其实际应用效果进行了分析。

## 关键词

铁氧体磁瓦, 压机, 锁紧保护装置, 安全防护

# The Research and Design of Locking Protection Device for Ferrite Magnet Tile Press

Xiubin Zhao, Xiaoyan Li, Ji Zhang, Zhengquan Peng

Sinosteel New Materials Co., Ltd., Ma'anshan Anhui

Received: May 6<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 10<sup>th</sup>, 2025; published: Jun. 19<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

This paper designs a locking protection device to address the safety hazard that the pressure head of the existing ferrite magnetic tile press is prone to fall when the hydraulic system malfunctions. This device effectively restricts the vertical movement of the pressure head through the setting of the anti-fall mechanism, preventing it from falling and ensuring the safety of the equipment and personnel. This paper elaborates in detail the design principle, structural composition and working process of the device, and analyzes its practical application effect.

文章引用: 赵修彬, 李小艳, 张纪, 彭正全. 铁氧体磁瓦压机锁紧保护装置的研究与设计[J]. 材料科学, 2025, 15(6): 1233-1237. DOI: 10.12677/ms.2025.156130

## Keywords

Ferrite Magnetic Tile, Press, Locking Protection Device, Safety Protection

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

永磁铁氧体凭借高性价比与稳定磁性能，成为汽车工业、家用电器、电动工具等领域不可或缺的核心磁性材料。近年来，家用电器电机加速从传统交流驱动向高效节能的直流驱动技术迭代，带动永磁铁氧体元器件市场需求呈爆发式增长，凸显其在现代机电产业升级中的关键地位[1]-[3]。其中，磁瓦作为永磁直流电机的核心组件，其工作机制与电磁式电机存在本质差异。电磁式电机依赖励磁线圈通电流产生磁势，需复杂供电及控制系统；而永磁电机采用永磁铁氧体材料构建恒定磁势源，无需持续电励磁。这种革新设计带来多重优势：一方面，通过省去励磁绕组与电刷结构，电机内部构造得以简化，维护周期延长3倍以上，故障率降低60%；另一方面，得益于磁瓦的高磁能积特性，电机实现30%以上的轻量化与小型化突破，运行可靠性显著提升。此外，永磁磁瓦的应用减少了60%的铜材用量，有效降低铜耗与能耗，契合现代工业绿色节能的发展方向，成为新能源汽车、智能家居等领域的主流驱动选择。

永磁铁氧体磁瓦的生产需依次经过研磨、压制成型、高温烧结、精密磨削等关键工序，其中压制成型环节主要依赖液压成型机实现[4]-[6]。然而，当前液压成型设备存在重大安全隐患：当液压系统突发故障时，因缺少可靠防护装置，压头会在重力作用下急速下坠，可能导致设备关键部件断裂、机架变形等结构性损毁，维修成本高昂且难以修复。更严重的是，这种失控坠落会对现场操作人员造成直接伤害，甚至危及生命安全，成为生产过程中的重大风险源[7]-[10]。在此背景下，研发一套高效可靠的锁紧保护装置，已成为保障磁瓦安全生产、降低工业风险的迫切需求，具有重要的工程应用价值与现实意义。

综上所述，尽管在永磁铁氧体磁瓦生产过程中，液压成型设备的安全性和高效性取得了一定进展，但依然存在一些技术难题亟待解决，尤其是在设备失控和人员安全保护方面的创新。因此，针对液压成型过程中的安全风险设计一种新型、高效的锁紧保护装置，已成为该领域研究的一个重要方向。

## 2. 装置设计

### (1) 设计思路

本装置聚焦液压系统失效引发的压头坠落风险，创新设计防坠保护机制。通过在压头与液压机主体间构建高精度防坠机构，采用限位柱与限位块的精密配合结构，对压头的垂直运动轨迹实施动态约束与刚性限制[1]。当液压系统突发故障时，该机构能够迅速触发并锁定压头，形成可靠的机械防护屏障，从而有效避免因重力作用导致的设备损毁与安全事故，全方位保障生产安全与设备稳定运行。

### (2) 结构组成

本装置由液压机、压头、防坠机构、滑块、导向杆及滤布等核心部件协同构成。其中，液压机固定于上工作台，其内部油缸与液压杆组成动力系统，精准驱动压头实现上下位移；防坠机构作为安全防护核心，由限位柱、限位块、安装座及驱动件构成，限位柱安装于滑块之上并随滑块联动，限位块则固定于油缸部位，通过驱动件灵活控制水平移动，从而实现限位柱的可靠锁紧与快速释放；滑块作为关键连接件，一端与液压杆相连，另一端固定压头，同时套设于导向杆上，确保压头在移动过程中保持平稳；

导向杆贯穿上下工作台，为滑块提供精准导向，进一步增强压头运动的稳定性；滤布铺设于压头下方，兼具防粘与过滤双重功能，可有效防止物料粘附压头，并快速滤除浆料中的多余水分[2]。

### (3) 工作过程

i) 液压杆收缩时，滑块同步牵引压头与限位柱垂直上升。当限位柱精准抵达限位块侧边预设位置，驱动件立即响应，推动限位块水平嵌入限位柱缺口，瞬间构建刚性锁止结构[3]。该结构凭借紧密咬合的机械卡位，可有效限制压头垂直位移，使设备稳固处于安全锁定状态，杜绝意外滑动风险。

ii) 在压头下行作业指令下达后，驱动件迅速反向运转，带动限位块快速回撤，精准解除对限位柱的机械锁定。与此同时，液压杆即刻启动伸长程序，通过滑块将稳定驱动力传递至压头，驱动其沿导向系统平稳下移，无缝衔接并恢复正常作业流程，确保生产操作流畅高效[4]。

## 3. 工作原理

### (1) 力学分析

装置的核心原理在于液压系统与防坠机构的协同工作，防止压头在液压失效时因重力坠落。为了全面理解其工作原理，需要对其力学特性进行分析，特别是在液压系统失效和不同负载工况下的行为。

### (2) 液压系统失效的应力分析

液压系统在工作时，通常会承受来自上工作台和下工作台之间的高压力，尤其是在压头下行和上行过程中，液压油对液压杆的推动产生巨大的轴向力。这些力会通过滑块传递至压头，并通过导向系统进行引导[5]。然而，如果液压系统发生故障(如油压骤降)，液压杆无法有效支撑压头的运动。在此情况下，防坠机构的限位柱会迅速顶入限位块的卡槽，以防止压头因重力影响而发生垂直位移。此时，限位柱与限位块的咬合会承受压头的重力，应力集中区域可能出现在卡槽边缘和限位柱表面，必须考虑这些结构在高负载下的强度与耐久性[6]。

### (3) 防坠机制的力学模型

防坠机构主要依靠限位柱与限位块的机械锁定来限制压头的自由运动。假设限位柱和限位块为刚性体，且卡槽的咬合力足以抵抗压头的垂直下行力[7]。在此过程中，需计算以下几个关键点：

**压头重力：**  $F = mg$ ，其中  $m$  为压头的质量， $g$  为重力加速度。

**锁定力：** 在液压失效时，限位柱与限位块的卡合力  $F_{lock}$  必须足够大，以抵消压头重力。此力可通过材料的摩擦系数和卡槽接触面积来计算

$$F_{lock} = \mu N$$

### (4) 滑块和导向杆的稳定性分析

滑块与导向杆的相互作用决定了压头在工作过程中是否能够平稳移动。导向杆主要起到线性约束的作用，防止压头在上下运动中发生偏移。在极限负载条件下，滑块与导向杆的接触力会增大，因此需要考虑两者之间的摩擦力、滑动阻力及其对压头稳定性和运行寿命的影响[8]。此外，还需要进行导向系统的刚度分析，以确保其能够承受压头在下行过程中的冲击力，减少因冲击产生的机械磨损。

### (5) 适应性分析

在液压系统压力波动或出现故障的情况下，防坠机构能否及时有效地响应。液压油的压力变化会对装置的运行稳定性产生影响，尤其在液压油温升较高、油液粘度变化较大时，液压系统的效率可能下降。因此，防坠机构应具备在不同压力环境下都能可靠工作的能力。液压油和机械部件在不同温度下的性能变化会影响装置的运行[9]。高温环境下，液压油的粘度下降，可能导致液压系统的反应滞后。装置的防坠机构和机械连接部分需要在广泛的温度范围内保持良好的工作性能，因此需要对材料的热膨胀系数和摩擦特性进行分析，以确保系统的稳定性。在不同物料类型和压力条件下，压头的受力状态会有所不同，

装置需要能够适应不同负载条件的变化。例如，在处理较轻物料时，压头下行过程中的负载较低，防坠机构的锁定力和滑块导向系统的摩擦力可能不需要过大；而在处理较重物料时，需要确保防坠机构的锁定力足够强大，避免出现锁定不完全的风险。

#### (6) 动态响应分析

装置在不同工作状态下的动态响应也是一个重要的研究领域。例如，在液压系统突然失效的情况下，压头的下行速度和防坠机构的响应时间对生产安全至关重要。通过对系统动力学的建模，可以分析压头在失控状态下的加速度、位移和速度，确保防坠机构能够在最短的时间内反应并锁定压头。

#### (7) 优化设计方向

在装置的结构设计中，选材至关重要。高强度、耐高温、抗腐蚀的材料能有效提高装置在恶劣环境下的适应性。例如，导向杆和滑块可以使用高耐磨材料，减少摩擦和磨损，提高使用寿命。为了适应不同生产线的需求，装置的各个部件(如防坠机构、液压系统、滤布等)可考虑模块化设计，方便不同规格和功能的设备进行快速替换和调整。

## 4. 装置优势

**高安全性防护：**工业生产中，液压系统失效易致压头坠落，引发设备损毁与人员伤亡。创新防坠机构以双重保险机制破局：第一层依托液压系统，通过压力传感器与控制器实时监测，遇异常压降即触发预警及应急程序；第二层机械保险为核心防护，当液压失效，限位柱内置弹簧在压力骤降瞬间释放推力，将限位柱快速推入限位块卡槽，二者锯齿结构咬合锁定，双重防护大幅提升设备可靠性，为生产安全筑牢防线[10]。

**稳定运行保障：**由导向杆与滑块构成的精密导向系统，通过线性约束与滑动支撑，有效抑制压头运行过程中的晃动与偏移，该系统不仅显著提升设备运行稳定性，更通过减少机械磨损延长使用寿命，保障生产流程的持续可靠性，为精密加工与重型作业提供坚实的运动基础。

**附加功能：**压头下方配置的滤布兼具防粘与过滤双重功能，既能防止物料粘连压头影响成型质量，又可高效滤除浆料水分，减少后续处理工序，这种集防粘与过滤于一体的设计，不仅显著提升生产效率，更通过保障成型质量，实现产品品质的全面跃升，为工业生产带来高效与优质的双重价值。

## 5. 结论

本研究设计的铁氧体磁瓦压机锁紧保护装置，凭借创新的机械结构与系统化布局，成功攻克了传统液压成型设备在系统故障时的安全技术瓶颈。该装置通过防坠机构与液压系统的协同联动，显著提升了设备运行的安全性与可靠性，在工业生产领域展现出显著的实用价值与广阔的推广应用前景。面向智能制造发展趋势，未来可从两大方向深化技术革新：一是推进装置结构的轻量化与模块化升级，通过高强度复合材料应用与标准化接口设计，降低设备自重的同时提升安装适配性；二是强化传感器监测与智能控制系统的深度融合，集成压力、位移、温度等多参数实时感知模块，双管齐下，推动设备向高度自动化、智能化进阶。

## 参考文献

- [1] 王子安. 电动汽车用铁氧体永磁同步电机的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [2] 杨国威. 电动汽车驱动用铁氧体永磁同步电动机研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学, 2015.
- [3] 李新华, 黄贤蕾, 刘伟, 张勇. 异步起动永磁辅助式磁阻同步电动机研究[J]. 微特电机, 2015, 43(6): 1-4, 8.
- [4] 孙延杰, 金鸣林, 王占勇, 蒋涵涵. 微波烧结制备高性能钕铁氧体永磁材料的研究[J]. 人工晶体学报, 2013, 42(4): 751-755.

- 
- [5] 杨玉杰. 离子取代 M 型锶铁氧体的制备、微观结构及磁性能的研究[D]: [博士学位论文]. 合肥: 安徽大学, 2013.
  - [6] 周文运. 烧结永磁铁氧体[M]. 绵阳: 中国电子科技集团公司九所信息中心, 2004.
  - [7] 彭鑫亮, 孙恒仕, 李永涛, 王凯, 张泽禹, 邱玉良. 机械压力机封闭高度调整机电保护结构设计[J]. 锻压装备与制造技术, 2020, 55(3): 46-48.
  - [8] 吴继兴. 机械压机气液式过载保护系统工程实际问题解析[J]. 商品与质量: 建筑与发展. 2014(6): 182-184.
  - [9] 刘芳, 高小燕, 姚彬. 压力机液压过载保护装置的正确选用[J]. 液压气动与密封, 2008, 28(3): 34-35.
  - [10] 李建平, 王恩福, 麦志辉, 黄锦坤, 熊卫华. 高速压力机滑块液压过载保护结构设计与分析[J]. 锻压装备与制造技术, 2005, 40(1): 35-36.