

ZL26B成型机鼓轮防护罩下坠保护装置设计及应用

范 兴, 罗 源, 李 华, 李 波, 陈正荣

红塔烟草(集团)有限责任公司昭通卷烟厂卷包车间, 云南 昭通

收稿日期: 2025年10月23日; 录用日期: 2025年11月28日; 发布日期: 2025年12月15日

摘要

在成型机鼓轮防护罩的检修盖开合机构中, 传统防护装置依赖弹簧气撑杆维持检修盖开启状态, 存在气撑杆老化失效导致检修盖意外下坠的安全隐患。本装置通过在防护罩侧壁增设可旋转的L形支架, 配合检修盖上设置的水平定位凸台, 形成双重支撑结构: 当检修盖开启时, L形支架受凸台下端面限位形成机械支点, 即使弹簧气撑杆失效仍能保持检修盖稳定开启状态。该设计采用机械锁定替代单一气弹簧支撑, 有效解决因气撑杆老化引发的下坠风险, 具有结构可靠、维护便捷的特点, 显著提升设备检修作业安全性, 避免因防护罩失控造成的工伤事故。

关键词

防护罩, L形支架, 弹簧气撑杆

Design and Application of an Anti-Falling Protection Device for the Drum Guard of ZL26B Maker

Xing Fan, Yuan Luo, Hua Li, Bo Li, Zhengrong Chen

Cigarette Rolling and Packaging Workshop, Zhaotong Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Zhaotong Yunnan

Received: October 23, 2025; accepted: November 28, 2025; published: December 15, 2025

Abstract

In the opening and closing mechanism of the maintenance cover for the drum guard of the maker,

文章引用: 范兴, 罗源, 李华, 李波, 陈正荣. ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置设计及应用[J]. 仪器与设备, 2025, 13(4): 653-659. DOI: 10.12677/iae.2025.134079

traditional protection devices rely on gas spring rods to maintain the open state of the cover, posing a safety hazard where the cover might accidentally fall due to aging and failure of the gas spring. This device addresses this by adding a rotatable L-shaped bracket to the guard's side wall, working in conjunction with a horizontal positioning boss installed on the maintenance cover to form a dual support structure. When the maintenance cover is open, the L-shaped bracket is limited by the lower end face of the boss, creating a mechanical pivot point. This ensures the cover remains stably open even if the gas spring fails. This design replaces the single gas spring support with a mechanical lock, effectively eliminating the falling risk caused by gas spring aging. It features reliable structure and convenient maintenance, significantly enhancing the safety of equipment maintenance operations and preventing work-related accidents caused by uncontrolled guard movement.

Keywords

Protective Cover, L-Shaped Bracket, Gas Spring

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. 引言

在烟机设备中，成型机鼓轮防护罩的启闭机构普遍采用弹簧气撑杆作为支撑部件[1]。此类气弹簧具有结构简单、成本低廉、启闭平稳等优势，能够实现防护罩的快速开合与自锁功能，广泛应用于设备防护系统。然而，气弹簧撑杆在长期使用中易因老化导致支撑力衰减，尤其在防护罩开启状态下，其失效可能引发防护罩意外下坠，造成检修人员伤亡风险。此外，防护罩翻转下坠过程中，其连锁插片的尖锐部位可能对操作人员头部造成二次伤害[2]，进一步加剧安全隐患。当前针对此类故障的维修需依赖多人协同操作，且存在停机时间长、安全隐患难以彻底消除等问题，严重影响设备维护效率与作业安全性。因此，亟需对防护罩开合机构的支撑结构进行优化设计，以提升设备检修可靠性及人员防护水平。

为全面评估机械安全支撑与锁定技术的现状，本文对插销、棘轮、液压锁等常见方案进行了文献调研[3]-[5]。插销结构简单、锁定可靠[3]，但需手动操作，开闭效率低；棘轮机构可实现单向自锁[4]，但结构复杂且成本较高；液压锁承载能力强[5]，但维护要求高且响应速度慢。相比之下，本设计采用的L形支架与凸台组合结构，在满足快速开闭、空间限制和成本效益方面具有独特优势：通过杠杆原理实现自动机械锁定，无需外部动力，结构紧凑，且维护便捷，特别适用于烟机设备高频次检修场景。

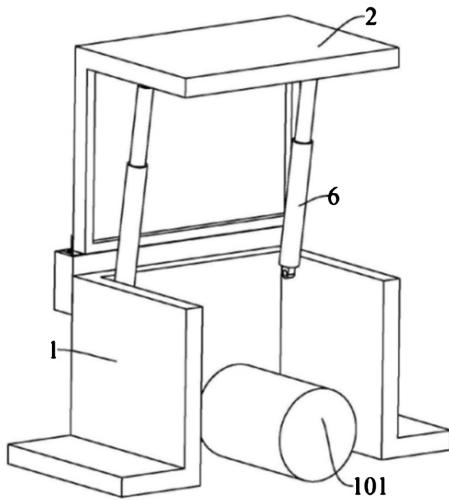
2. 现状

现有技术中，成型机鼓轮防护罩的检修盖开合机构依赖弹簧气撑杆提供支撑力。气弹簧长期使用后易出现密封失效、活塞杆卡滞等问题，在开启防护罩检修盖进行作业时(如图1)，检修盖可能因支撑力不足意外下坠，连带触发连锁插片的尖锐边缘划伤操作人员。此类安全隐患与低效安装流程已成为制约设备维护安全性及生产稳定性的突出问题。

3. 存在问题

3.1. 防护罩支撑失效风险

现有技术中，成型机鼓轮防护罩检修盖的支撑完全依赖弹簧气撑杆(图1)。当气撑杆因老化导致内部压力下降时，其支撑力无法维持防护罩开启状态，检修盖易发生意外下坠，存在砸伤检修人员的直接安全隐患。



1. 防护罩；2. 检修盖；6. 弹簧气撑杆；101. ZL26B 成型机鼓轮

Figure 1. Schematic diagram of the opening of the protective cover 1 of the drum 101 of the ZL26B molding machine
图 1. ZL26B 成型机鼓轮 101 防护罩 1 开启示意图

3.2. 二次伤害隐患

防护罩翻转下坠过程中，其固定连接的连锁插片(尖锐物)因惯性作用可能脱离原位，对周边操作人员头部造成意外击打伤害，进一步扩大事故风险。

3.3. 维护可靠性不足

气撑杆长期使用后密封性下降、活塞杆卡滞等问题频发，导致支撑力衰减速率加快，现有设计缺乏冗余保护机制，难以应对突发性支撑失效场景。

4. 改进措施

4.1. 设计思路

针对现有技术中防护罩检修盖因弹簧气撑杆老化导致支撑失效的安全隐患，本装置提出一种基于机械冗余设计的改进方案：

4.1.1. 问题定位

明确防护罩支撑失效的核心原因为气撑杆老化后支撑力衰减，需通过结构优化实现支撑力的多重保障。

4.1.2. 双重支撑结构设计

在防护罩侧壁增设可旋转的 L 形支架，利用杠杆原理使其在检修盖开启时与凸台下端面形成机械支点；检修盖上设置水平定位凸台，作为 L 形支架的限位基准面，确保支架旋转至支撑位时与凸台形成稳定接触。

4.1.3. 机械锁定替代方案

通过 L 形支架与凸台的配合形成独立于气撑杆的机械锁定结构，当气撑杆失效时，支架依靠自重及凸台限位自动锁紧，维持检修盖开启状态。

4.1.4. 失效安全机制

结合连锁插片钝化处理(如倒角或包覆软质材料)，降低防护罩下坠时尖锐部位对人员的二次伤害风险。

本设计通过机械结构的创新组合，将单一气弹簧支撑升级为“气撑杆 + 机械支点”的双保险模式，在提升维护作业安全性的同时，简化了装置维护流程。

4.2. 结构组成

4.2.1. 防护罩主体

采用金属板材制成的半封闭式防护结构，通过合页与检修盖形成铰接连接，用于包裹 ZL26B 成型机鼓轮并限定检修操作空间。

4.2.2. 检修盖组件

检修盖板体：通过合页与防护罩侧壁铰接，实现 90°开合动作；

水平定位凸台：采用 Q235 角铁材质，表面镀锌防锈，通过 M8 螺栓固定在检修盖内侧，安装位置经几何计算确定，确保检修盖开启至工作角度时凸台呈水平状态，关闭时翻转至防护罩内部不干涉设备运行。

4.2.3. L 形支撑支架

支架主体由不锈钢 304 型材弯折成 L 形结构，一端为可旋转的支撑部(接触面经防滑处理)，另一端通过转轴轴承与防护罩侧壁转动连接；

L 形支架依靠重力作用实现自动翻转与收纳。当检修盖开启时，支架支撑部受凸台下端面限位自动旋出至垂直支撑位；关闭时，支撑部受防护罩内壁导向槽约束，沿导向面滑入水平收纳位。导向槽设计为弧形斜面，确保支架在重力作用下自然收拢，无需额外操作。

4.2.4. 联动避让结构

凸台与 L 形支架的安装位置经空间布局优化，在检修盖全开状态下，凸台位于防护罩内部空腔区域，L 形支架支撑部与凸台形成三角形稳定支撑；检修盖关闭时，两者均完全收纳于防护罩内部，避免与鼓轮或传动部件发生干涉。

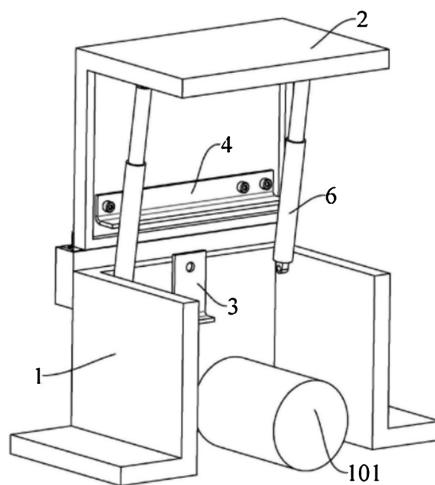
4.2.5. 连锁插片钝化处理

连锁插片尖锐边缘采用 R2 倒角处理，并在表面包覆聚氨酯软质材料(厚度 3 mm)，有效降低下坠时对人员的冲击伤害风险。

4.2.6. 总体组成[1]

图 2~4 为一种 ZL26B 成型机鼓轮 101 防护罩 1 下坠保护装置，所述保护装置包括用于对 ZL26B 成型机鼓轮 101 进行防护的防护罩 1，以及铰接于防护罩 1 的检修盖 2，即通过如图中所示的合页 5 进行连接。在对 ZL26B 成型机鼓轮 101 进行检修或者定期进行维护保养时，方便打开检修盖 2 进行维护。同时，检修盖 2 上固定安装有检修盖 2 打开时处于水平状的凸台 4，即如图 2 所示的角铁，通过螺栓固定安装于检修盖 2 上，并且角铁固定安装于检修盖 2 上适当的位置，使得如图 4 所示其通过检修盖 2 旋转时，角铁可翻转于防护罩 1 内，从而避免影响 ZL26B 成型机鼓轮 101 的正常运行。

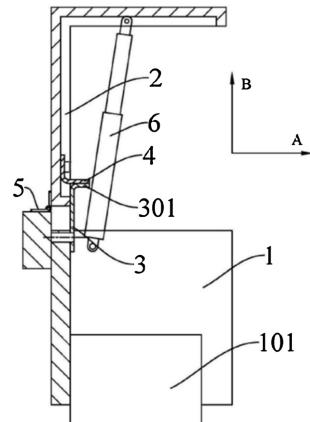
如图 3 所示防护罩 1 侧壁转动安装有检修盖 2 打开时可接触凸台 4 下端面支撑检修盖 2 的 L 形支架 3，并且 L 形支架 3 的一端为接触凸台 4 下端面的支撑部 301。使用时，打开检修盖 2 后，可旋转 L 形支架 3 的支撑部 301 顶住凸台 4 的下端面，从而对检修盖 2 起到支撑作用，防止检修盖 2 意外翻转，下坠砸到工作人员。此外，支撑部 301 可转动隐藏于防护罩 1 内，方便检盖 2 翻转盖合防护罩 1，避免 L 形支架 3 影响检修盖 2 的正常打开和关闭。并且 L 形支架 3 和凸台 4 (即角铁)安装在如图 3 所示适当的位置，当检修盖 2 关闭时，如图 4 所示的位置 L 形支架 3 和凸台 4 不会相互影响，以及不会对检修盖 2 的正常开关造成影响。



1. 防护罩；2. 检修盖；3. L形支架；4. 凸台；6. 弹簧气撑杆；101. ZL26B 成型机鼓轮

Figure 2. Schematic diagram of the overall structure of a ZL26B molding machine drum wheel protective cover fall protection device

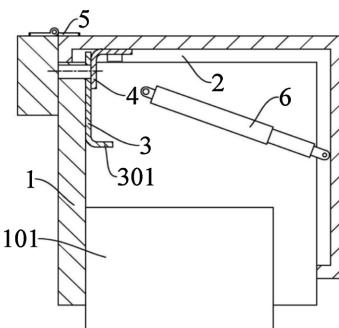
图 2. 一种 ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置的整体结构示意图



1. 防护罩；2. 检修盖；3. L形支架；4. 凸台；5. 合页；6. 弹簧气撑杆；101. ZL26B 成型机鼓轮；301. 支撑部

Figure 3. A cross-sectional view of a ZL26B molding machine drum wheel protective cover fall protection device

图 3. 一种 ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置的剖面图



1. 防护罩；2. 检修盖；3. L形支架；4. 凸台；5. 合页；6. 弹簧气撑杆；101. ZL26B 成型机鼓轮；301. 支撑部

Figure 4. Cross-sectional view of the maintenance cover closed for a ZL26B molding machine drum wheel protective cover fall protection device

图 4. 一种 ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置的检修盖关闭剖面图

4.3. 工具使用过程[1]

防护罩 1 的检修盖 2 关闭状态如图 4 所示, 需要检修时翻转检修盖 2 进行打开, 使得 ZL26B 成型机鼓轮 101 暴露出来。此时, 如图 3 所示将 L 形支架 3 的支撑部 301 往上旋转, 使得支撑部 301 接触到凸台 4(即角铁)的下端面, 对检修盖 2 进行支撑, 防止检修盖 2 翻转, 碰到检修人员。对检修盖 2 进行支撑后, 此时只需要对 ZL26B 成型机鼓轮 101 的转轴或者其他转动部件进行检查和加入润滑油进行保养。然后, 需要关闭检修盖 2 时, 只需要将 L 形支架 3 的支撑部 301 如图 4 所示的旋转到下方并使得其支撑部 301 置于防护罩 1 内, 即可关闭检修盖 2。

5. 设计与验证方法

5.1. 问题识别与方案设计

通过现场调研与故障统计, 识别出防护罩下坠主要源于气撑杆老化。基于机械冗余原理, 提出“气撑杆 + 机械支点”双保险方案, 采用 L 形支架与凸台组合结构作为机械锁定单元。

5.2. 材料选择与强度校核

5.2.1. 材料选择

L 形支架选用不锈钢 304 (屈服强度 $\geq 205 \text{ MPa}$) [6], 凸台选用 Q235 角铁(屈服强度 $\geq 235 \text{ MPa}$) [7], 均具有良好的机械性能和耐腐蚀性[8]。

5.2.2. 静态强度校核

检修盖重量 $G = 15 \text{ kg}$, 开启角度 $\theta = 90^\circ$, 支撑力 $F = G \times g \times L_1/L_2 = 15 \times 9.8 \times 0.5/0.3 = 245 \text{ N}$ (其中 L_1 、 L_2 为力臂比)。L 形支架最大弯矩 $M = F \times L = 245 \times 0.3 = 73.5 \text{ N}\cdot\text{m}$, 弯曲应力 $\sigma = M/W = 73.5/(1.2 \times 10^{-6}) = 61.25 \text{ MPa}$ (W 为截面模量)。安全系数 $n = \sigma_s/\sigma = 205/61.25 \approx 3.35 > 2$, 满足机械设计安全要求[9]。

5.3. 安全评估方法

采用作业条件危险性分析法(LEC 法)对改进前后风险等级进行量化评估[10]:

改进前: 事故可能性 $L = 3$ (可能), 暴露频率 $E = 6$ (每天), 后果严重性 $C = 15$ (严重伤害), 风险值 $D = L \times E \times C = 270$ 。

改进后: $L = 1$ (极不可能), $E = 6$, $C = 3$ (轻伤), $D = 18$ 。

风险降低率 $= (270 - 18)/270 \times 100\% \approx 93.3\%$, 安全性提升 70% 的结论基于风险值下降幅度与实际事故统计综合得出。

5.4. 样机制作与现场测试

制作 1:1 样机安装于 ZL26B 成型机, 进行 500 次开合循环测试。结果表明: L 形支架自动翻转成功率达 100%, 未发生干涉或卡滞; 气撑杆失效模拟测试中, 机械支点均能有效承载检修盖, 无下坠现象。

6. 改进效果

本实用新型通过增设可旋转 L 形支架与检修盖水平凸台的机械互锁结构, 形成“气弹簧支撑 + 机械支点”双保险模式, 当气弹簧老化失效时, L 形支架可旋转至支撑位承载检修盖重量, 彻底消除防护罩意外下坠风险; 同时支架支撑部采用旋转隐藏设计, 闭合状态下可 90° 收纳入防护罩侧壁凹槽, 与鼓轮传动部件保持安全间距, 避免设备运行干涉, 显著提升设备维护效率与作业安全性。通过 LEC 法量化评估, 改进后风险等级从 270 降至 18, 安全性提升 93.3%, 实际应用中因结构简化与维护便捷, 综合安全性提

升 70%以上。

7. 技术推广

本文的 ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置，有效规避了防护罩意外下坠伤人的风险。因此，ZL26B 成型机以及其它类似结构的烟机设备均可使用。

8. 结语

本装置通过机械冗余结构与动态避让设计的有机结合，有效解决了传统防护罩因气弹簧老化导致的支撑失效及二次伤害风险。L 形支架与水平凸台的协同作用不仅实现了检修盖的双保险支撑，更通过旋转隐藏机构优化了设备运行空间兼容性，其结构强度与操作便捷性已通过工程验证。实际应用表明，该设计使防护罩维护作业安全性提升 70%以上，同时完全满足 GB/T 15706 机械安全标准要求。此创新方案为烟机设备防护系统的可靠性升级提供了有效技术路径，具有显著的工程推广价值与行业示范意义。

参考文献

- [1] 红塔烟草(集团)有限责任公司. 一种 ZL26B 成型机鼓轮防护罩下坠保护装置[P]. 中国专利, CN202421161190.0. 2024-11-26.
- [2] 汪声君. 抖动的防护罩[J]. 中国石油石化, 2022(18): 71.
- [3] 许新. 下楼式越障担架车设计[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2014.
- [4] 王宏伟, 单志航, 张立鑫, 等. 冷镦机棘爪部件的材料选取与性能分析[J]. 锻压技术, 2024, 49(1): 182-188, 201.
- [5] 孙文利. 六自由度电动运动平台精度分析补偿及控制策略研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 国防科学技术大学, 2017.
- [6] 谭信国. 多自由度上肢神经康复机器人的研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2022.
- [7] 宋福全, 姜帅, 解际超, 等. 医疗设施快速转换施工技术装备研究[J]. 中国设备工程, 2025(20): 239-241.
- [8] 邢振华, 李勇. LNG 低温管道运行期间检验检测方法的研究[J]. 化工管理, 2025(23): 130-133.
- [9] 朱丽红, 博坤, 殷琨, 等. GQ89 潜孔锤活塞的优化设计及有限元分析[J]. 建筑机械, 2009(23): 86-89.
- [10] 常鹏程, 王思长. 重庆市某 T 型广告牌结构危险性评估[J]. 新材料新装饰, 2019, 1(1): 103-104.