

液压支架平衡油缸拆卸过程中的安全控制与效率提升研究

罗宇 陈龙

国能神东煤炭设备维修中心 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：液压支架平衡油缸是综采工作面支护系统的核心部件，其拆卸作业的安全与效率直接影响生产连续性。研究从作业前准备、过程操作及后期处理三个维度分析安全控制要点，识别设备工具适配性、人员技能、作业环境等效率影响因素。通过构建动态风险评估机制、优化模块化拆卸流程、搭建实操培训平台等策略，实现安全管控与效率提升的协同。实践表明，该研究可降低拆卸过程中的安全隐患，缩短作业时间，为综采设备维护提供技术支撑。

关键词：液压支架平衡油缸；拆卸过程；安全控制；效率提升

引言

综采工作面中，液压支架平衡油缸的稳定运行对支护安全至关重要，其拆卸作业涉及高压液压系统、重型部件起吊等环节，风险较高且易影响生产进度。当前拆卸过程中，因安全管控不足导致的事故及效率低下问题时有发生。本文聚焦平衡油缸拆卸的安全控制与效率提升，结合现场作业特点，分析关键影响因素，探索针对性策略，旨在构建科学的作业规范体系，为提升综采设备维护水平、保障工作面高效生产提供理论与实践参考。

1 液压支架平衡油缸概述

液压支架平衡油缸作为综采工作面支护设备的核心执行元件，其主要功能是通过液压能与机械能的相互转换，实现支架顶梁与掩护梁之间的姿态调节，确保顶梁始终与顶板保持有效接触，从而为工作面提供稳定可靠的支护强度。该组件采用双作用活塞式结构设计，缸筒内壁经过精密珩磨处理，配合镀铬活塞杆与高性能密封件，可在高压工况下实现无泄漏运行，适应井下复杂的粉尘、淋水及交变载荷环境。平衡油缸的工作特性直接影响液压支架的支护效率与安全性能，当顶板出现起伏变化时，其能够通过伸缩动作实时调整顶梁的仰角或俯角，避免局部应力集中导致的顶梁变形或顶板冒落风险，同时在移架过程中通过缓冲阻尼作用，降低支架与刮板输送机之间的冲击载荷，延长设备使用寿命。在系统集成层面，平衡油缸与支架的液压控制系统形成闭环联动，通过电磁换向阀的精准控制实现伸缩量的无级调节，满足不同煤层厚度与顶板条件下的支护需求，其缸径与行程参数需根据支架额定工作阻力进行匹配设计，确保在最大支护载荷下仍能保持稳定的动力输出。日常运行中，平衡油缸的维护重点集中在密封件磨损检测与

液压油污染控制，通过定期更换滤芯与监测油液黏度，可有效预防缸筒内壁锈蚀与活塞杆划伤，而缸底与耳环的连接销轴则需定期涂抹润滑脂，以降低铰接处的摩擦系数，保障动作的灵活性与响应速度。作为综采工作面支护体系的“动态平衡中枢”，平衡油缸的技术性能直接关系到回采作业的连续性与安全性，其可靠性提升可显著减少因设备故障导致的停机时间，为高效开采提供坚实的设备保障。

2 液压支架平衡油缸拆卸过程中的安全控制分析

2.1 作业前的安全准备

在拆卸液压支架平衡油缸前，需全面检查作业区域状况。细致查看支架顶梁与掩护梁连接部位，确认无松动、变形等异常，防止拆卸时部件意外位移伤人。对周边顶板进行敲帮问顶，及时处理浮石、危岩，采用临时支护措施，如打设单体支柱等，稳固作业空间上方顶板。认真检查相关设备状态，确保支架液压系统各阀门灵活可靠，截止阀能有效关闭，防止拆卸时液压油意外泄漏或油缸误动作。作业人员要准备齐全适配的工具，如合适吨位的手拉葫芦、专用扳手、销轴拆卸工具等，并检查工具完好性，手拉葫芦链条无断裂、扭曲，扳手无滑牙等。还需配备齐全防护用品，如安全帽、护目镜、手套、安全鞋等，且确保防护用品质量合格、佩戴规范，为作业人员提供可靠防护。对新油缸进行全面检查，核对型号、规格是否与原油缸一致，检查缸筒、活塞杆有无损伤，密封件是否完好，保证新油缸可正常安装使用。

2.2 拆卸过程中的安全操作规范

拆卸时，先闭锁支架，通过点动平衡油缸电磁阀，缓慢释放油缸内压力，确保压力完全释放后，关闭进液

截止阀，防止后续操作时液压油喷出伤人。在相邻两架支架顶梁吊环上，正确安装合适吨位的手拉葫芦，确保吊挂牢固，链条张紧适度，避免起吊时手拉葫芦滑落或倾斜。拆除油缸进、回液管时，使用专用工具小心操作，防止管路突然脱落甩动伤人，拆除后及时用堵头封堵接口，防止杂物进入液压系统。拆卸油缸活塞杆端销轴卡块与销轴时，作业人员站位要安全，避开销轴弹出方向，使用工具时用力均匀，防止滑脱受伤。用手拉葫芦吊住油缸固定端，预紧手拉葫芦使其承担油缸部分重量后，再拆卸固定端销轴卡块与销轴，整个过程密切观察手拉葫芦及油缸状态，有异常立即停止操作。拆卸油缸防护链时，注意避免防护链回弹伤人，将拆卸下的防护链妥善放置。在将油缸平稳放到合适位置过程中，下方严禁站人，多人协作时明确指挥人员，确保动作协调一致^[1]。

2.3 作业后的安全处理

作业完成后，仔细清点工具，确保无工具遗留在作业现场或支架设备内，防止工具随设备运转造成损坏或引发安全事故。对拆卸下来的旧油缸，及时清理表面煤尘、油污，检查油缸损坏情况并做好记录，按规定存放或运输至维修地点，运输过程中采取可靠固定措施，防止油缸晃动、碰撞受损。对新安装的平衡油缸，再次检查各连接部位是否牢固，销轴、卡块安装是否到位，防护链是否连接可靠。开启支架液压系统，点动操作平衡油缸，观察其伸缩动作是否顺畅，有无卡顿、泄漏等异常，确认油缸工作正常。对支架整体进行全面检查，查看顶梁、掩护梁姿态是否正确，各部件连接是否紧固，确保支架恢复正常工作状态。清理作业现场杂物，将拆卸下的废旧密封件、堵头、包扎材料等统一收集，按环保要求分类处理，保持作业环境整洁，为后续生产作业创造良好条件。

3 影响液压支架平衡油缸拆卸效率的因素

3.1 设备与工具因素

液压支架平衡油缸拆卸过程中，设备与工具的性能及适配性直接制约作业效率。适配的手拉葫芦吨位不足会导致起吊过程中频繁卡顿，而吨位过大则会因操作灵活性下降延长调整时间，链条的磨损程度与润滑状态影响起吊稳定性，卡顿或突然滑动会迫使操作中断。专用扳手的规格精度不足会增加拆卸销轴卡块的阻力，扳手与卡块的间隙过大导致滑脱，反复尝试不仅消耗工时，还可能造成卡块变形。液压管路拆卸工具的匹配度不足会延长管路分离时间，若工具与接口尺寸偏差，易引发管路变形或接口损坏，后续封堵操作也需额外处理

受损部位。油缸销轴拆卸工具的硬度与刃口角度不合适会增加销轴取出难度，过度敲击可能导致销轴与孔壁咬合更紧，甚至引发缸体局部变形，进一步延长拆卸周期。堵头、密封盖等辅助配件的规格统一性不足，会导致拆卸后的接口封堵耗时增加，若配件与接口存在间隙，还需重新寻找适配部件，影响整体进度。

3.2 人员技能与经验因素

作业人员对液压支架平衡油缸结构的熟悉程度决定了拆卸流程的流畅性，熟悉缸体与顶梁、掩护梁连接节点构造的人员能快速定位销轴卡块固定方式，避免因误判结构而进行无效操作。对液压系统压力释放节奏的把控能力影响前期准备效率，经验丰富的操作者能通过电磁阀点动次数精准判断压力是否完全释放，减少反复检查的时间，而经验不足者可能因过度释放压力导致后续操作中管路回吸空气，需额外排气处理。多人协作时的配合默契度显著影响整体进度，若指挥者与执行者对指令的理解存在偏差，起吊、递送工具等环节易出现停顿，而长期配合的团队能通过肢体信号预判下一步动作，缩短响应时间。对异常情况的处理能力决定了是否出现非计划停机，遇到销轴锈死等问题时，有经验的人员能迅速采用加热或专用渗透剂处理，而缺乏应对经验者可能因盲目敲击导致部件损坏，造成工期延误。

3.3 作业环境因素

井下工作面的空间受限程度直接制约操作便利性，当支架间距小于标准值时，手拉葫芦的安装位置需反复调整，起吊过程中油缸易与相邻支架护帮板发生碰撞，迫使操作中断以调整角度。顶板淋水情况影响工具使用效率，持续淋水会导致扳手等工具手柄打滑，增加操作失误率，同时加速液压管路接口处煤泥固化，拆除前需额外清理，延长准备时间。作业区域的照明条件不足会降低部件识别速度，销轴卡块的固定螺栓在光线昏暗时难以快速定位，需频繁移动照明设备，影响操作连贯性。煤层底板的平整度影响油缸放置环节效率，若底板存在凸起，油缸下放过程中需多次调整手拉葫芦高度以避免缸体磕碰，而底板泥泞时则需铺垫木板，增加辅助作业时间。工作面的粉尘浓度过高会导致视线受阻，操作人员需频繁擦拭眼部，同时粉尘附着在油缸连接部位会增加拆卸阻力，需提前清理，间接延长作业周期^[2]。

4 液压支架平衡油缸拆卸过程中的安全控制与效率提升策略

4.1 强化安全管理体系建设

(1) 构建作业前风险动态评估机制，结合工作面顶板压力监测数据、液压系统压力曲线及设备运行台账，

精准识别潜在风险点，如针对不同煤层硬度制定差异化的临时支护方案，对老旧支架的销轴锈蚀程度提前预判，配套准备专用除锈工具与应急预案，确保风险防控措施与现场实际工况高度匹配。（2）推行工具设备全生命周期追溯管理，针对手拉葫芦、专用扳手等关键工具建立使用记录数据库，详细标注每次使用后的磨损检测数据及维护信息。作业前，工作人员扫码便能快速调取工具最近三次受力测试结果，有效杜绝不合格工具进入作业流程。定期开展工具校准与性能复核，保证关键参数处于最优状态。（3）实施作业过程实时监控系统，在支架关键部位安装高清摄像头与压力传感器，远程监测油缸压力释放曲线、起吊受力变化及人员站位情况，发现压力未完全释放、起吊载荷异常等风险时自动发出声光预警，同步推送应急处置指引至现场终端，实现风险的即时干预与闭环管控。

4.2 优化拆卸流程与工艺

（1）设计模块化拆卸作业包，将压力释放、管路拆除、销轴取出等环节的标准操作步骤、所需工具型号及防护要点整合为可视化流程图，配套制作销轴卡块拆卸角度示意图、手拉葫芦最优吊挂位置标注图，作业人员可通过移动终端调取三维拆解动画，直观掌握各部件连接关系，减少因结构误判导致的操作停顿。（2）开发液压系统预处置工艺，在拆卸前2小时启动管路预热程序，通过循环加热液压油降低黏度，同时向销轴连接处注入专用渗透剂，利用液压系统余压将渗透剂压入间隙，软化锈蚀层，配合定制化销轴拔出器，通过液压顶推方式取代传统敲击手段，让销轴取出效率提升且避免缸体出现损伤。（3）构建作业空间优化方案，根据支架间距动态调整操作平台布局，采用可折叠式辅助支撑装置拓展作业半径，在淋水区域设置定向挡水板与工具防潮箱，粉尘浓度超标时启用局部负压吸尘装置，通过环境参数的实时调控，减少外部因素对拆卸连续性的干扰^[3]。

4.3 加强人员培训与管理

（1）搭建实操模拟培训平台，基于典型工作面支架参数构建虚拟拆卸场景，设置销轴锈死、管路泄漏等常见故障模块，培训人员通过沉浸式操作掌握压力释放的精准控制方法、多人协作时的力值分配技巧，考核合格后颁发分级操作资质，不同资质人员承担相应复杂度的拆卸任务，确保操作熟练度与作业难度相匹配。（2）建立技能传承机制，由资深技师组建技术攻关小组，总结销轴快速拆卸、异常压力处置等实战经验，编制《典型故障处置手册》，包含30种常见问题的判断依据与操作口诀，通过点对点式跟岗指导将经验转化为标准化操作动作，使新入职人员独立操作周期大幅缩短。（3）推行绩效动态评估体系，以拆卸流程合规率、工具完好率、故障处置时效为核心指标，结合实时监控数据生成个人作业质量报告，定期开展技能比武与案例复盘会，对创新拆卸方法、提出流程优化建议的人员给予技术津贴，激发团队改进作业效率的主动性。

结语

综上所述，液压支架平衡油缸拆卸的安全控制与效率提升需系统施策。通过强化作业全流程安全管理，可有效规避压力释放不当、起吊失衡等风险；优化工具适配性与流程标准化，能显著减少无效操作耗时；加强人员技能培训则为持续改进提供保障。三者协同作用，既能保障作业人员安全，又能提升拆卸效率，对维持综采工作面设备稳定运行、提高生产连续性具有重要意义，相关策略可为同类设备维护提供借鉴。

参考文献

- [1]马思雪.液压支架平衡油缸的失效因素分析与研究[J].煤炭科技,2022,43(1):39-42.
- [2]甄亚东,姜伟,库永亮,等.液压支架平衡油缸的选型研究[J].煤矿机械,2020,41(12):126-128.
- [3]韩章明.矿用液压支架液压缸的自适应反步控制[J].煤矿机电,2025,46(2):7-11.