

矿用自卸卡车液压举升系统故障机理与可靠性分析

张晋榜

国能准能集团有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 液压举升系统属于930E矿用自卸卡车的核心作业结构,复杂矿山工况下极易出现各类故障问题,直接影响矿山运输作业的稳定开展。本文结合该机型液压系统的结构组成与运行特性,系统梳理油液异常、元件磨损、密封破损、管路异常等典型故障,细致拆解各类故障的形成机理与演化过程。综合分析矿山工况、作业疲劳、运维管理等各类影响条件,总结多因素耦合作用下的系统失效特征。结合现场作业实际,从运行管控、元件养护、介质管理、故障防控多个维度提出可靠性提升策略,可为同类矿用液压设备的故障治理与运维优化提供理论参考。

关键词: 930E矿用自卸卡车; 液压举升系统; 故障机理; 失效规律; 可靠性优化

引言: 大型露天矿山开采作业高度依赖重型矿用自卸设备,设备运行状态直接关乎矿山生产效率与作业安全性。930E矿用自卸卡车凭借大吨位承载能力,广泛应用于各类大型矿山物料转运工作,液压举升系统作为卸料作业的核心装置,运行稳定性具备重要现实意义。矿山高粉尘、强振动、大温差的复杂工况,会持续诱发液压系统各类隐性与显性故障。深入探究该机型液压举升系统的故障形成机制与可靠性变化规律,梳理系统失效的主要诱因,探索科学可行的防控与优化方式,能够有效提升矿用车辆设备的整体运行质量。

1 930E 矿用自卸卡车液压举升系统基础构成与运行原理

1.1 930E卡车液压举升系统整体结构组成

930E矿用自卸卡车多用于大型露天矿山作业,长期承担大吨位物料运输任务,液压举升系统承担货箱升降与卸料的核心功能,整体结构针对重载、高频次作业环境专门设计。整套系统可划分为动力供给、压力调控、执行驱动、油液循环四大功能模块,各模块独立承担专项功能,协同完成完整的卸料作业流程。系统主要硬件涵盖液压泵、多路主控阀、三级双作用举升油缸、高压管路、液压油箱以及过滤净化组件。动力供给模块负责机械能向液压能量的转化,为系统作业提供持续动力源。压力调控模块控制油路通断与压力等级,规范举升、静置、回落的作业节奏。执行驱动模块直接对接车体货箱,输出机械行程完成卸料动作。油液循环模块持续净化油路介质,保障油路通畅,减少杂质对内部结构的磨损干扰^[1]。

1.2 930E举升系统关键液压元件工作特性

930E车型配套液压元件采用重载工业级制造标准,结构强度与承压能力可以适配矿山复杂恶劣的作业条

件。液压泵具备稳定的压力输出能力,可匹配满载货箱的举升负荷,保障大行程举升过程平稳顺畅。多路主控阀拥有精准的节流调节能力,能够控制油路流量大小,放缓或加快货箱升降速度,规避升降过程出现的顿挫晃动。举升油缸采用加厚缸壁与多层密封结构,抗形变与抗渗漏能力更强,可在长期重载挤压状态下保持稳定工作状态。配套过滤、散热元件可以持续净化液压介质,控制油路工作温度,削弱粉尘、高温等外界环境对液压系统的负面影响,延缓元件老化损耗速度。

1.3 930E液压举升系统标准运行机理

930E液压举升系统依靠密闭油路的液体压力传递规律实现能量转换,形成标准化、流程化的作业模式。设备启动后,发动机动力传导至液压泵,泵体持续抽取油箱内部液压油并完成加压处理,实现机械能向液压压力能的转化。高压油液经过滤处理后进入主控阀内部,操作手柄切换阀组通路,高压油液输送至举升油缸无杆腔,推动活塞向上伸出,带动货箱抬升并完成卸料准备。货箱抵达设定位置后,阀组截断油路,系统保持压力恒定,维持货箱静置状态。卸料工序结束后,阀组切换泄压通路,油缸油液回流至油箱,货箱依靠自身重量平稳回落,完整完成单次举升作业循环。

2 930E 液压举升系统典型故障类型及产生机理

2.1 液压油液异常引发的系统故障机理

930E矿用自卸卡车长期在露天矿山环境作业,外界粉尘、水汽、杂质容易侵入液压油路内部,改变液压油原有理化性能。油液清洁度下降会造成油路内部磨粒增多,加速各类精密液压结构的表层损耗。油液长期承受反复加压、卸压的温度变化,会逐步出现黏度衰减、氧化变质、乳化进水等问题。变质介质润滑性能下降,油路内部摩擦阻力持续上升,造成系统压力不稳、举升动

力不足等问题^[2]。杂质堆积还会堵塞阀口与油路间隙,阻碍介质正常流通,干扰压力传递过程,诱发举升卡顿、升降迟缓等故障状态。

2.2 核心液压元件磨损失效故障机理

930E举升系统核心液压元件长期承担重载压力冲击与高频往复运动,内部精密配合结构会产生持续性的疲劳磨损。液压泵内部配流结构、柱塞组件长期高速运转,表层精度逐步下降,会出现内泄增大、压力建立缓慢等问题。多路控制阀阀芯、阀孔长期受介质冲刷与颗粒摩擦,配合间隙逐步扩大,节流调控精度持续下降。油缸活塞反复伸缩受力,内部精密配合面会出现轻微拉伤与磨损,削弱压力承载能力。磨损问题持续累积,会让元件工作性能逐步衰减,最终引发系统压力不足、动作异常等失效现象。

2.3 密封结构失效引发的系统故障机理

密封构件是维持930E液压举升系统压力稳定的关键结构,多采用橡胶高分子材质,对作业环境与运行工况较为敏感。矿山作业的高低温交替变化、持续压力挤压,都会加速密封材质老化、硬化与变形。高频次举升作业让密封结构反复伸缩摩擦,表层逐步出现磨损、开裂、缺损等缺陷。密封结构完整性遭到破坏后,油路密闭性能下降,高压介质会从间隙位置缓慢渗漏。渗漏问题会降低系统保压能力,出现举升回落、压力保持不稳等现象,严重时会造成系统压力难以建立,直接影响卸料作业正常开展。

2.4 管路与连接结构异常故障机理

930E液压系统高压管路长期暴露在复杂矿山工况中,车体振动、路面颠簸会让管路接头位置持续承受交变载荷。连接螺栓、管夹固定位置会逐步出现松动,造成管路贴合紧密性下降。管路表层受碎石撞击、粉尘侵蚀、长期弯折等影响,会出现表层老化、鼓包、裂纹等损伤缺陷。结构完整性受损后,高压油液会从薄弱位置渗出,破坏油路压力稳定性。管路通畅性变差或密封性下降,会干扰液能正常传递,造成举升速度不均、动力输出断续等故障,影响整套举升系统的运行稳定性。

3 930E 液压举升系统可靠性影响因素与失效规律

3.1 复杂矿山工况对系统运行的影响

930E大型矿用自卸卡车长期服役于露天矿山恶劣作业环境,特殊场地条件会持续干预液压举升系统的运行状态。矿区作业路面凹凸不平,车辆行驶与卸料制动过程会产生持续性机械振动,振动载荷传导至液压管路、阀组及油缸结构,松动精密装配位置,破坏油路密封状态。矿区昼夜温差波动幅度较大,极端温度环境会改变

液压油黏度属性,影响介质流动与压力传递效果。高温环境加速油液氧化变质,低温状态提升介质流动阻力。矿山区域密布硬质悬浮粉尘,可通过油箱通气结构、管路衔接缝隙渗入油路内部,污染液压介质^[3]。多重环境干扰持续加剧部件损耗,压缩设备正常服役周期,削弱举升系统整体运行稳定程度。

3.2 设备长期往复作业的疲劳失效规律

矿山开采运输任务密集且繁重,930E卡车每日需要完成大量卸料循环,液压举升系统长期处于高频往复作业状态。每次举升升压、保压静置、泄压回落的完整流程,都会让核心液压构件承受瞬时压力冲击与接触面摩擦损耗。机械结构表层会产生细微疲劳损伤,这类损伤具备不可逆的累积特征。作业时长不断增加,各类精密配合部件的磨损程度持续加深,配合间隙逐步扩大。液压泵容积效率下降、阀组调控精度降低、油缸密封性能衰退等问题会逐步显现。构件性能缓慢衰减会引发泄压渗漏、举升无力、动作卡顿等问题,形成循序渐进、逐层恶化的疲劳失效演变过程。

3.3 运维养护模式对系统可靠性的影响

日常运维养护工作的落实质量,直接决定930E液压举升系统的整体可靠水平与服役寿命。养护工作存在疏漏会大幅提升故障发生概率,拖累设备运行状态。液压油长期未进行更换,变质介质会携带大量磨损颗粒参与油路循环,持续打磨精密构件内壁。过滤滤芯、密封胶圈等易损配件超周期使用,会逐步丧失基础防护与密封能力,杂质侵入、油路渗漏等问题频繁出现。常规巡检工作排查范围有限,细微结构松动、表层隐性磨损等隐患难以及时发现处置。不规范的拆装养护行为会改动部件装配标准,打乱油路压力传递节奏,衍生各类新型故障隐患,弱化系统运行稳定性。

3.4 多因素耦合作用下系统失效演变规律

930E液压举升系统的现场失效问题很少由单一因素单独造成,环境工况、机械疲劳、运维缺陷会相互叠加,形成复杂的耦合作用机制。恶劣作业环境会加速机械疲劳损伤的发展速度,放大高频作业带来的部件磨损问题。运维养护缺位留存的各类隐患,会让环境侵蚀与机械损耗的负面作用持续放大。单一维度产生的微小缺陷,会在多重因素交织影响下持续扩张,从局部性能弱化发展为整体功能异常。系统失效遵循由隐性缺陷向显性故障转变的演变规律,各类风险层层叠加累积,最终造成举升系统作业异常,干扰矿山运输卸料作业的正常开展。

4 930E 液压举升系统可靠性提升与故障防控策略

4.1 适配矿山工况的系统运行管控方式

结合930E矿用卡车所处露天矿山复杂作业环境,针对性优化液压举升系统运行管控模式,从作业源头降低环境因素带来的设备损耗。结合矿区温度、粉尘、路面工况的动态变化,调整设备作业规范,规避极端环境下的高强度连续作业。优化车辆行驶与卸料操作流程,控制举升作业的升压速度与回落节奏,减缓压力冲击对液压构件的损伤作用。规范重载物料的装载标准,杜绝超载作业行为,减轻举升油缸与液压油路的承载负荷。针对矿区颠簸路面制定专属行驶方案,减少车体剧烈振动对管路连接、阀组装配结构的扰动^[4]。适配现场工况的精细化管控模式,能够有效削弱恶劣环境对系统的负面影响,维持液压举升系统长期稳定的运行状态。

4.2 关键液压元件长效防护与养护模式

核心液压元件的稳定运行是举升系统可靠作业的基础,搭建长效防护养护模式可延缓疲劳失效进程,延长设备服役周期。针对液压泵、多路阀、举升油缸等核心部件,建立分级化检修养护机制,依据作业时长划分养护等级,落实差异化养护内容。定期检查精密构件的配合状态,及时排查间隙磨损、阀芯卡顿、缸体拉伤等隐性问题,提前开展修复处理。优化元件防护结构,对裸露管路及阀组加装防护装置,阻挡矿区粉尘与碎石撞击带来的结构损伤。摒弃传统粗放的养护模式,建立可追溯的养护台账,记录部件运行状态与养护信息,精准把控元件损耗规律,实现关键部件的预防性养护。

4.3 液压油液与密封系统专项管控方案

液压油液与密封结构是举升系统故障高发部位,开展专项管控可有效解决介质劣化、结构渗漏等常见问题。制定规范化的油液管控流程,定期取样检测油液黏度、清洁度与氧化程度,根据介质状态及时开展更换处理,杜绝变质油液参与系统循环。按期更换油路过滤滤芯,持续保障油液洁净度,减少硬质颗粒对精密构件的打磨磨损。针对密封系统建立周期性排查机制,重点检查油缸密封件、管路接头密封圈等易损结构,及时更换老化、变形、破损的密封配件。把控密封件装配工艺标

准,规范拆装流程,规避人为操作失误造成的密封失效问题,全方位保障油路密闭与压力稳定。

4.4 系统化的故障防控与可靠性优化体系

依托前文失效规律与影响因素分析结果,搭建全方位、多层次的故障防控体系,实现液压举升系统可靠性的整体提升。构建前置化故障防控机制,转变传统事后维修模式,以预防性排查为核心,全面覆盖工况影响、疲劳损耗、养护疏漏等各类风险点。细化全周期运维管理标准,明确日常巡检、定期养护、故障排查的具体流程与作业要求,补齐运维工作短板。结合多因素耦合失效特征,开展综合性设备状态研判,摒弃单一部位、单一问题的排查方式,精准识别隐性故障隐患。持续优化系统运行与养护标准,形成运行管控、部件防护、介质管控、故障排查一体化的保障体系,切实提升930E液压举升系统的运行可靠性与工况适配能力。

结束语

液压举升系统的稳定运行是930E矿用自卸卡车正常开展卸料作业的基础保障,系统故障由环境、设备、运维等多重条件共同诱发。通过梳理该机型液压系统的基础结构与运行原理,归纳各类典型故障的产生机制,分析工况环境、作业疲劳、运维短板对系统可靠性的影响,明确多因素耦合引发的失效演变特征。落实工况适配管控、元件长效养护、油液密封专项治理及系统化故障防控等措施,能够有效削弱故障发生概率,提升液压举升系统整体稳定性,保障矿山运输作业有序推进。

参考文献

- [1]冯文彬.矿卡举升液压系统提升可靠性的设计方法与应用调试[J].流体测量与控制,2023,4(3):20-23.
- [2]孙回春.930E矿用重型卡车举升缸故障诊断装置[J].露天采矿技术,2024,39(5):96-99.
- [3]李键.MT5500B矿用卡车电控举升先导阀应用分析[J].露天采矿技术,2025,40(4):97-100.
- [4]张敏.MT5500卡车举升多路阀改造与制造工艺革新[J].汽车导报,2024(5):1-3.