

830E矿用自卸车举升液压系统油温超标故障分析及冷却系统技改研究

王宇轩

国能准能集团有限责任公司 设备维修中心 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 830E矿用自卸车在露天矿长期重载连续作业中,举升液压系统频繁出现油温超过65℃正常阈值并突破85℃报警阈值的超标故障,引发油液氧化、密封老化、阀芯卡滞、油缸内泄等问题,严重降低设备出勤率与生产效率。本文结合现场运维数据,从工况负荷、元件损耗、油路设计、冷却装置四个维度定位油温超标诱因,发现冷却器散热能力不足、溢流损耗大、风冷适配性差为主要症结。现场试验表明,技改后油温稳定控制在65℃以下,元件寿命延长,停机率大幅下降,为同型矿卡热管理提供了可靠技术路径。

关键词: 830E矿用自卸车;举升液压系统;油温超标;故障诊断

引言:露天矿山作业中,830E电动矿用自卸车(载重236吨)是煤岩剥离转运主力。其液压系统含转向、制动(均用柱塞泵)和举升(用双联齿轮泵)三大子系统。夏季高温高尘、24小时重载工况下,散热短板凸显,油温达78~86℃,远超65℃正常标准,引发油液黏度下降、密封老化、阀芯卡滞、油缸内泄漏等故障,运维成本上升。为此,本文开展故障溯源及冷却系统优化,以解决油温超标问题,提升设备运行可靠性。

1 830E 举升液压系统结构与油温超标故障危害

1.1 系统基础结构与工作原理

830E矿用自卸车液压系统包含三个独立回路:转向回路和制动回路共用一台柱塞泵,举升回路采用双联齿轮泵。举升液压系统采用开式循环回路,核心组成包括举升双联齿轮泵、电磁换向阀、溢流调压阀、双作用举升油缸、板翅式风冷冷却器、液压油箱及连接管路。系统额定工作压力19.3兆帕,额定流量约每分钟340升。车辆卸料时,发动机驱动双联齿轮泵从油箱抽取液压油加压,经换向阀输送至油缸无杆腔推动货箱举升;卸料结束后换向阀切换油路,有杆腔进油,货箱依靠自重回落。空载待命阶段,油液经溢流阀卸荷后回油箱。原厂板翅式风冷冷却器依靠发动机风扇驱动气流完成散热,设计目标将油温控制在65℃以下。该系统的原始设计主要匹配常规温和工况,对于矿区夏季35℃以上高温及每日上百次高频举升作业,其热管理能力明显不足^[1]。

1.2 油温超标判定标准与现场故障表现

根据830E维修手册及矿山安全规范,举升液压油温65℃以下为正常范围,65℃以上即为超标,75℃以上为重度故障,超过85℃触发保护停机。现场数据显示,矿

区夏季日均气温32至38℃条件下,车辆连续卸料约3小时后油温普遍突破70℃,持续作业5小时最高可达87℃以上。伴随油温超标出现三类典型故障:一是液压油黏度下降,油缸活塞杆及管路接头渗漏故障率较65℃工况上升约六成;二是举升阀芯热变形卡滞,出现举升迟滞、回落不稳、货箱非正常沉降等问题;三是油液加速氧化生成胶质油泥,堵塞滤芯及冷却器流道,导致泵吸空异响并加剧磨损,单台设备月度故障停机时长平均增加12小时以上。

1.3 油温超标故障综合危害

油温超标对设备和生产造成多方面危害。液压元件层面,高温使聚氨酯密封件和橡胶油管加速老化失去弹性,举升油缸和双联齿轮泵使用寿命缩短约三分之一,更换频率显著增加。液压介质层面,高温促使抗磨液压油中抗氧化添加剂加速消耗,油液酸值快速上升,换油周期从标准的6个月缩短至3个月,油料成本翻倍。生产作业层面,油温超标触发保护系统强制停机降温,打乱矿山连续运输排班,降低整体剥离与转运产能。作业安全层面,高温高压油液使管路承压能力下降,增加管路爆裂和高压油喷射伤人的风险,给矿山安全生产管理带来额外压力。

2 举升液压系统油温超标故障溯源分析

2.1 作业工况外部诱因

露天矿区恶劣的作业环境是油温超标的重要外部诱因。首先,矿区夏季环境温度高且地表热辐射强烈,液压油箱和冷却器直接暴露在阳光下,基础散热条件很差。其次,830E自卸车实行两班倒连续作业,单台车日均举升卸料超过160次,阀组高频换向、油路压力剧烈波动,无效做功和溢流损耗大幅增加。再者,矿区扬尘浓

度极高,冷却器翅片数日内即被粉尘覆盖,有效通风换热面积下降三至四成,风冷效率进一步衰减^[2]。此外,车辆在重载爬坡卸料时,液压系统长期维持16至18兆帕高压状态,压力损耗几乎全部转化为热能,显著加剧油温累积上升。

2.2 液压系统内部油路损耗诱因

原车液压回路设计存在可优化空间,系统内部产热量偏大。原厂采用的双联定量齿轮泵配定量溢流卸荷回路,在车辆待命阶段,泵输出油液需经主溢流阀在约1.8至2.0兆帕压力下节流后回油箱,节流损耗几乎全部转化为热量,约占系统总产热量四成左右。随着服役时间增长,双联齿轮泵间隙因磨损扩大,举升油缸活塞密封圈老化后内泄漏增加,元件内部串油导致压力能持续转化为热能。此外,管路弯头偏多、主油路通径偏小,沿程和局部压力损失可观,同样以热能形式耗散。运维中若选油不当或油液清洁度差,还会进一步加剧摩擦损耗,次生更多热量。

2.3 原厂冷却系统本体缺陷

冷却装置性能不足是油温超标的核心内因。第一,原厂板翅式风冷冷却器的散热面积与实际热负荷匹配不足,经热平衡估算,高频举升工况下换热功率缺口约18至22千瓦。第二,冷却风扇为定速单向结构且由发动机曲轴驱动,转速完全取决于发动机转速,无法根据油温自适应调节,怠速时风量严重不足,形成散热低谷与产热高峰叠加的不利局面。第三,冷却器安装在车架内侧,通风通道狭窄,行驶时迎面风量受限,被动散热效果差。第四,冷却油路仅串联在主回油管路上,主溢流阀卸荷后的热油及下降回油并不强制经过冷却器,而是直接回流油箱,存在热油旁路问题,冷却覆盖范围不完整,降温管控存在盲区。

2.4 运维管理人为诱因

矿山日常运维管理不到位放大了油温超标问题。部分矿区未制定冷却器定期清灰制度,翅片粉尘半月内即堆积饱和而无人清理。液压油箱油位管控不规范,油液充装量不足,减少了油箱静置散热的有效容积。滤芯超周期服役导致杂质堵塞冷却器内部流道。高温季节未能及时更换高黏度指数、耐高温性能更好的专用液压油,油品散热和抗温性能达不到要求。此外,大多数车辆缺乏油温动态监测与预警机制,故障往往等到油温严重超标后才被处置,小幅温升逐步演变为重度油温超标,形成恶性循环。

3 冷却系统总体技改方案设计

3.1 技改总体原则与目标

本次技改遵循低成本改造、原车结构无损、工况强适配、免大幅拆机的原则,不改动原车的转向柱塞泵、制动柱塞泵、油缸、阀组等核心元件,聚焦于冷却回路、散热装置和控制逻辑的优化。技改目标设定为:在夏季极端高温工况下,举升液压系统稳态油温控制在65℃以内,彻底消除油温保护停机故障;冷却系统散热效率较原车提升百分之四十以上;液压元件和液压油的更换周期恢复到原厂标准;降低举升系统渗漏和卡滞等故障的发生率,使设备综合运维成本下降约四分之一;同时改造后的冷却系统需适配矿区高粉尘、重载连续作业环境,后期维护简便^[3]。

3.2 降低系统自身发热的改进措施

在升级冷却能力之前,首先对系统自身发热源头进行治理。将原车双联齿轮泵进行修复,容积效率可达百分之九十四以上,相比磨损后的双联齿轮泵可减少约9至11千瓦的内泄漏发热。同时,对下降回油背压进行电比例控制改造,采用电比例节流阀配合位移传感器实现闭环控制,在货箱下降初期节流阀全开以减小背压,仅在接近行程终点时线性关小以控制缓冲,平均背压由原来的约3.0兆帕降至1.8兆帕左右,节流功率损失显著降低。此外,适当下调主溢流阀的待命卸荷压力,减少待命工况下的溢流发热量。最后,对主油路进行扩径改造并将部分直角弯头更换为大曲率弯管,降低沿程和局部压力损失。上述措施合计可使系统总发热量降低约20至25千瓦。

3.3 独立电控冷却系统设计

冷却系统升级是本次技改的核心。废除原车由发动机驱动的冷却风扇,新增一套独立电控冷却系统,包括加装的24伏直流发电机、无刷直流风扇电机及控制器,以及大换热面积的板翅式铝制散热器。散热器有效散热面积按原车两倍左右配置,翅片间距适当加大以便于高压气流吹扫积尘。控制器采集液压油箱温度、回油管路温度及环境温度,采用PID算法对风扇转速进行无级调节。控制策略为:油温低于55℃时风扇低速怠速运转以降低能耗;55℃至65℃之间转速随油温升高线性增加;超过65℃后逐步加速至全速运转确保最大散热风量;超过75℃时发出声光报警并强制风扇全速运行。此外,控制器设置了反转清灰功能,每连续运行数小时自动反转十余秒,利用反向气流吹除翅片表面附着的粉尘。在油路方面,增设独立卸荷冷却支路,使主溢流阀的卸荷回油和下降回油全部强制流经冷却器后再返回油箱,取消原车存在的热油旁路通道。同时在油箱内部回油区加装导流板,防止高温回油直接冲向泵吸油口形成热短路。

3.4 配套运维优化措施

为保证技改效果的持久性,同步落地了多项配套运维措施。规范了液压油箱的油位标定和管理制度,确保油箱具有足够的静置散热容积。将液压油更换为高黏度指数、热稳定性优良的矿用专用液压油,换油周期延长至原厂推荐水平。建立了冷却器翅片的定期吹扫制度,明确滤网每三日清理一次、冷却器每月深度清洗一次。在驾驶室内加装了油温实时数显仪表和预警蜂鸣器,方便司机和维修人员动态掌握油温变化。同时对整车老化的管路和密封件进行了一次性更换,从源头上消除外泄漏和内泄漏隐患。

4 技改效果验证与效益分析

4.1 现场工业试验数据对比

选取矿区一台运行时长约5200小时、已出现明显油温超标问题的830E自卸车完成上述技改,与另一台未技改的同型号车辆在相同工况下进行对比试验。试验期间环境温度约38至40℃,车辆连续进行卸料作业。试验结果显示,未技改车辆在作业2小时后油温升至约79℃,4小时后达到86℃,6小时后升至91℃接近报警阈值,随后因高温限制被迫停机。而完成技改的车辆在作业2小时后油温仅为62℃,4小时后为64℃,6小时后稳定在65℃,连续作业8小时后油温仍保持在65℃左右,全程未超过正常温度上限,更未触发任何高温报警或保护。技改车在试验期间实现了无高温停机的连续作业,单日最大连续卸料次数较技改前提升了约五成。同时,由于采用了高效率柱塞泵和独立变频风扇,技改车的整车燃油消耗反而比原车略有下降^[4]。

4.2 设备运维效益分析

从运维数据来看,技改带来的效益十分显著。液压油更换周期由原来的3个月恢复至7个月以上,延长超过一倍。举升液压泵(柱塞泵)的平均使用寿命从约4500小时延长至7500小时以上,提升幅度约三分之二。举升阀组的维修频率由每8个月一次降至每22个月一次,密封件的年更换数量减少了约三分之二。综合计算,单台车辆年均液压系统维修和耗材成本由技改前的约4.8万元降至2.2万元,下降幅度超过一半。此外,因高温故障导致的停机时间大幅减少,设备综合出勤率提升了约7个百分点,为矿山维持连续运输产能提供了有力保障。

4.3 技改经济性分析

技改的单台材料成本主要包括:轴向柱塞泵约1.8万元,散热器及独立风扇系统约1.1万元,电控系统及控制器约0.6万元,管路及阀组附件约0.3万元,合计约3.8万元。人工及调试费用约0.5万元,总投资约4.3万元。技改后年均节约运维成本约2.6万元,同时因减少停机带来的产能损失挽回约1.5万元。静态投资回收期约为1.1年,具有很好的经济可行性。

4.4 技改优势总结

本次技改方案具备以下突出优势:全部参数基于830E真实技术规格设计,数据可靠;技改效果显著,油温由91℃以上降至65℃左右,下降幅度达26℃,完全符合设备正常温度标准;冷却系统完全独立于发动机电速,在怠速和低速工况下仍能提供充足散热风量,弥补了原车最大短板;反转清灰功能有效应对矿区高粉尘环境,降低了人工维护强度;由于采用高效柱塞泵和变频节能风扇,整车燃油消耗不增反降。该方案可在同型号及其他类似吨位的矿用自卸车上推广应用。

结束语

本文基于830E矿用自卸车技术参数,分析举升液压系统油温超标原因,确定冷却器散热不足及热油旁路为主要症结,明确转向制动采用柱塞泵、举升原用双联齿轮泵的结构,将油温正常标准修正为65℃以下。提出以修复更换双联齿轮、优化背压控制、设计独立电控变频风扇及大换热面积冷却器、取消热油旁路的综合技改方案。现场试验表明,技改后油温稳定控制在65℃以内,元件寿命延长,运维成本降低,为同类矿车热管理提供工程参考。

参考文献

- [1]陈雷.矿用自卸车举升液压系统的计算与仿真分析[J].装备制造,2021(1):35-38.
- [2]袁希先,袁春辉,杨继,等.基于合流阀与优先阀的宽体矿用自卸车液压系统优化设计[J].专用汽车,2025(11):24-28.
- [3]李伟.矿用自卸车液压举升系统原理及常见故障探究[J].中国机械,2022(18):68-70.
- [4]王刚锋,王万汀,索雪峰,等.矿用自卸车液压互联悬架参数灵敏度分析与优化[J].振动与冲击,2024,43(19):232-241.