

高压煤浆泵故障分析及对策措施

贾磊¹, 祁文²

1. 国能包头煤化工有限责任公司, 内蒙古 包头 014030

2. 陕西航天动力高科技股份有限公司, 陕西 西安 710100

DOI: 10.61369/SSSD.2026080012

摘 要 : 高压煤浆泵是现代煤化工企业的核心输送设备之一, 不仅关系到水煤浆气化工艺质量, 还影响着整个煤化工产业链的安全, 其重要性不言而喻。一旦高压煤浆泵出现故障, 会导致煤气化装置停摆, 影响煤浆净化与合成工艺的开展, 给企业造成巨大的经济损失。本文分析了高压煤浆泵工作原理与特点, 剖析了高压煤浆泵运行过程中容易出现的故障, 探索高压煤浆泵故障维修对策, 从隔膜破裂、液压油箱乳化、润滑油异常和单向阀故障维修方法四个方面进行阐述, 旨在提高高压煤浆泵维修技术, 确保其顺利运转, 为煤化工企业长远发展奠定良好基础。

关 键 词 : 高压煤浆泵; 工作原理; 常见故障; 维修对策

Fault Analysis and Countermeasures of High-Pressure Coal Slurry Pumps

Jia Lei¹, Qi Wen²

1. Guoneng Baotou Coal Chemical Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia 014030

2. Shaanxi Aerospace Power High-Tech Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710100

Abstract : High-pressure coal slurry pumps are one of the core conveying equipment in modern coal chemical enterprises. They are not only related to the quality of the coal-water slurry gasification process, but also affect the safety of the entire coal chemical industry chain, and their importance is self-evident. Once a high-pressure coal slurry pump malfunctions, it will cause the coal gasification unit to shut down, affect the development of the coal slurry purification and synthesis processes, and result in huge economic losses for the enterprise. This paper analyzes the working principle and characteristics of high-pressure coal slurry pumps, examines the common faults that are prone to occur during their operation, and explores the fault maintenance countermeasures. It elaborates on four aspects: diaphragm rupture, hydraulic oil tank emulsification, abnormal lubricating oil, and check valve fault maintenance methods. The purpose is to improve the maintenance technology of high-pressure coal slurry pumps, ensure their smooth operation, and lay a solid foundation for the long-term development of coal chemical enterprises.

Keywords : high-pressure coal slurry pump; working principle; common faults; maintenance countermeasures

引言

在“双碳”目标下, 煤化工产业面临着清洁高效、节能减排的转型挑战, 如何提高煤炭资源利用率、降低煤化工产业链生产过程中的污染物排放成为企业要解决的首要问题之一。高压煤浆泵在煤化工企业生产过程中占据着重要地位, 是把水煤浆从煤浆槽输送至气化炉烧嘴的唯一设备, 承担着高浓度、高硬度和强腐蚀性煤浆的高压输送任务, 是实现煤炭到天然气转化的重要装备。高压煤浆泵由安全阀、排放阀、泵软管、隔膜、控制单元、吸入阀、驱动器和曲轴箱等组成, 是一种隔膜式往复泵, 采用的是橡胶隔离膜, 通过电机驱动减速机带动曲轴箱来回推拉活塞并让液压动力油挤压隔膜输送水煤浆, 在运转过程中容易出现单向阀门故障、隔膜破损和润滑油报警等故障, 影响了设备运转。因此, 企业要加强高压煤浆泵故障检测, 及时发现设备运行过程中存在的隐患, 尽快确定故障位置与原因, 提高设备维修效率, 确保高压煤浆泵顺利运转。

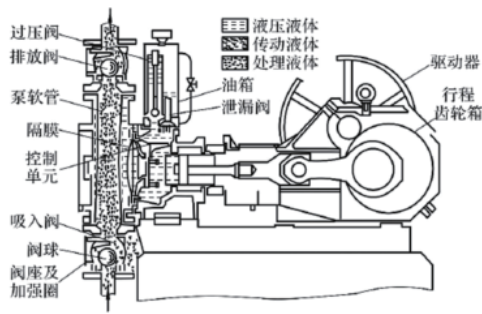
一、高压煤浆泵工作原理与工艺特点

(一) 高压煤浆泵工作原理

高压煤浆泵是一种隔膜式往复泵, 通过橡胶隔膜输送水煤

浆, 避免水煤浆外漏, 并把水煤浆与驱动油、泵活塞运行部件隔离开, 避免水煤浆固体颗粒对泵零部件造成磨损, 从而提高水煤浆输送的稳定性和设备安全性, 如图一所示。目前, 高压煤浆泵在煤化工行业的应用非常广泛, 成为水煤浆生产必不可少的

设备。



图一：高压煤浆泵结构

首先，皮带机将称重好的煤块送入粉碎机，对煤块进行碎料粉化处理，按照相关配比加入一定量的含水添加剂，并把混合好的煤浆送入棒磨机。棒磨机可以配制浓度在58%—62%的煤浆，并对其中的煤块颗粒进行研磨，把最终的水煤浆融入低压煤浆泵^[1]。技术人员对水煤浆进行检验，检验合格后再把水煤浆送入高压煤浆泵。其次，高压煤浆泵对水煤浆进行加压脉冲处理，把水煤浆送入气化炉内，在气化炉内对水煤浆进行燃烧，最终生成合成气，为合成气净化奠定良好基础。

（二）高压煤浆泵工艺特点

以 DGMB95/12 高压煤浆泵为例，属于三缸单作用活塞隔膜泵，由主电机、减速机、曲轴、连杆、十字头、活塞、推进液室、隔膜室及隔膜和单向阀等部分组成，灵活性更强、输送稳定性更强。该型号高压煤浆泵通过主电气驱动减速机，从而带动曲轴、连杆、十字头旋转运动，带动内部的活塞进行往复运动^[2]。当活塞向左运动时，高压煤浆泵可以借助油介质把隔膜吸到左侧方向，并借助水煤浆压力冲开进料阀，确保水煤浆可以充满整个隔膜室。当活塞向右运动时，高压煤浆泵借助油介质推动隔膜向右方运动，并开启出料阀门，把处理后的水煤浆输送到管道，确保水煤浆准确无误地运送到气化炉。

以 FELUWA 高压煤浆泵为例，属于卧式软管隔膜活塞泵，由电机、活塞、减速器和软管式隔膜等部门组成，通过隔膜和软管进行活塞运动，最大限度避免软管变形问题，确保水煤浆运输的稳定性与安全性。这一型号高压煤浆泵凭借电机带动减速箱运转，驱动曲轴、连杆装置做往复运动，并挤压活塞在液压缸内运转，排出大量的液压油，从而带动隔膜室内的隔膜移动，通过输送过程中的油压力挤压泵软管内的水煤浆，最终把处理好的水煤浆排放到泵软管内，确保水煤浆输送的通畅性^[3]。

二、高压煤浆泵常见故障分析

（一）隔膜破裂故障

隔膜是高压煤浆泵最关键的零部件之一，由于频繁进行往复运动，容易出现隔膜破裂故障，导致水煤浆无法顺利排出软管，影响设备运行。以 FELUWA 高压煤浆泵为例，隔膜破裂故障主要原因包括以下三个方面^[4]。第一，高压煤浆泵隔膜主要是橡胶材

质，长期暴露在具有腐蚀性的水煤浆中，容易出现材料老化，导致隔膜柔韧性、耐压性和密封性下降，导致水煤浆外漏。此外，水煤浆中的大颗粒物会对隔膜造成撞击，无形中加大了隔膜磨损，容易导致隔膜出现裂纹。第二，操作人员的不当操作会导致高压煤浆泵的压力值或水煤浆流量突然增大或减小，导致隔膜超载，容易导致隔膜破裂。第三，高压煤浆泵维修不及时，没有定期清洗隔膜室的杂质、更换润滑油，导致隔膜与管道磨损加剧；软管频繁折叠或弯曲，增加了软管机械应力，无形中增加了隔膜破裂的风险^[5]。

（二）液压油箱乳化

高压煤浆泵长期在户外作业、存放，容易导致雨水通过泵体上的缝隙进入油箱，导致雨水与油箱内的油介质发生反应，导致出现乳白色物质，导致出现油乳化问题，无法为高压煤浆泵运转提供充足动能，影响了生产线运行^[6]。此外，油箱、油管连接处密封不严，容易导致雨水渗漏进油箱内，水分与高温氧化物结合产生乳化剂，导致油液变质，影响了高压煤浆泵无法正常运转。

（三）润滑油异常报警

一旦高压煤浆泵在温度较低时启动，减速器、电机等需要时间来“热身”，导致油压过低触动报警灯，当达到设备运行温度时，才可以正常运转。当双筒过滤器内杂质过多时，会堵塞过滤器，导致油液渗透到过滤器内，触发润滑油报警。当油泵卸压阀门被堵塞时，导致泵内压力异常增大，润滑油系统无法顺利运转，也会触发报警。此外，高压煤浆泵内的十字头滑道、轴承座磨损过度时，导致油管线、煤浆软管出现晃动、缝隙，导致水煤浆泄漏、堵塞单向阀门，触发润滑油异常报警，并自动停机，避免损坏电机和其他零部件。

（四）单向阀门故障

高压煤浆泵进出口安装的是单向阀门，一旦阀杆与套之间进入较大煤块颗粒或杂物，会导致阀芯无法回归原位，导致水煤浆回流、压力异常，导致单向阀门无法顺利运转。此外，一旦单向阀门的阀杆、弹簧或定位三爪断裂，会导致阀芯偏离回位位置。单向阀门故障体现在以下两个方面。第一，单向阀门橡胶磨损严重。由于隔膜泵活塞频繁地进行往复运动，高压煤浆泵的进出口料口的单向阀门也在频繁开启、关闭，增加了阀门与阀座之间的撞击与摩擦，容易损坏阀门，导致阀门故障^[7]。第二，单向阀橡胶锁母松动和阀杆断裂。水煤浆具有一定的腐蚀性，会对进出口的单向阀门造成一定的腐蚀，再加上水煤浆中的大颗粒对阀门的撞击，阀座内径与阀座密封面尺寸会逐渐变化，导致单向阀锥无法进行上、下方向的相对直线运动，可能还会导致阀锁母松动或阀杆断裂，引发高压煤浆泵停车。

三、高压煤浆泵故障维修对策

（一）加强隔膜检查，规范检修流程

工作人员要在高压煤浆泵开车前进行全面检查，一方面要对隔膜室内油位、清洁度进行检查，进行手动补油，确保补油压力在5MPa 以内，避免由于压力过高而击穿隔膜。另一方面，工作

人员要在高压煤浆泵停运后进行清洁,用清水对水煤浆软管、进出口料口和阀门进行充分的清洗,及时取出残留在泵内各个零部件内的水煤浆杂质,避免杂质结块对隔膜造成挤压。此外,工作人员还要时刻关注高压煤浆泵运转情况,详细记录其运行时长,一旦使用运行时间达到8000小时,要及时更换隔膜,避免由于隔膜过度磨损而导致停机,确保水煤浆输送的顺利运行^[8]。总之,工作人员要建立完善的高压水煤浆泵隔膜检修制度,细化开车前、停运后的检修与清洗工作,及时更换磨损的隔膜、管道内的水煤浆杂质,确保高压水煤浆泵的顺利运转。

（二）定期维护液压油箱，避免油料乳化

煤化工企业要及时对进口的高压煤浆泵进行改造升级,例如在油箱盖上方加装塑料保护罩,避免雨水顺着泵体、管道连接处缝隙进入液压油箱,避免水与油混合,从而避免油料乳化,确保油箱可以正常向油缸供油,从而驱动曲轴、连杆和活塞顺利运转,实现高压煤浆泵的安全运转。此外,企业还要做好液压油箱日常维护,督促工作人员每日检查液压油箱油位和颜色,观察油箱内是否出现分层、游离水,定期排放油箱底部的游离水;还可以使用具备抗乳化的液压油,避免出现油料乳化问题,从而减少油箱乳化故障的发生。

（三）及时更换滤芯，确保油泵顺利运转

润滑油报警主要是由于高压煤浆泵在温度较低时强行开机或过滤器堵塞造成。因此,技术人员要加强对润滑油系统的管理,一方面要根据室外温度确定高压煤浆泵开机时间,当温度达到开机要求时,才能按下启动按钮。当北方冬季温度过低时,技术人员可以在曲轴箱内安装电加热装置,并打开润滑油泵,对润滑油加热,当温度达到20℃以上时,再开启高压煤浆泵^[9]。另一方面,技术人员还要定期对滤芯进行清洗,及时去除滤芯中的杂质,避免润滑油泄漏,最好每半年更换一次滤芯,避免由于滤芯

破损而影响油泵运转;还要定期对润滑油成分进行分析,一旦发现润滑油中杂质含量超标,要及时更换润滑油,避免油箱内各个零部件过度磨损。

（四）检修单向阀门，确保油泵顺利运转

技术人员要定期检查高压煤浆泵进出口的单向阀门磨损情况,重点检查阀杆、弹簧或定位三爪断裂等零部件磨损情况,以及阀门橡胶圈磨损情况,及时更换过度磨损的零部件,确保单向阀门可以正常开启、关闭。此外,技术人员还要对单向阀门座和阀杆导向套的磨损情况进行检查,把阀门座内径磨损控制在1.5mm以内,减少对阀门座的磨损;把单向阀阀杆与导向套单边磨损控制在1mm以内,确保单向阀锥可以做上下方向的直线运动,避免高压煤浆泵停机。同时,技术人员还要在补油时对管路进行清理,清理管道内的杂质、大颗粒,减少对连杆、滤芯等的撞击与摩擦,及时更换出现破裂的阀门零部件^[10]。

四、结语

总之,高压煤浆泵对煤化工产业发展至关重要,不仅影响到煤化工产业向绿色节能方向转型,还影响“双碳”目标的落地。因此,煤化工企业要加强高压煤浆泵故障检测与管理,重点监测隔膜、液压油箱、润滑油系统和单向阀门运转情况,及时解决发现隐藏的故障隐患,避免高压煤浆泵停机,确保煤化工生产线顺利运转。未来,煤化工企业要加大在高压煤浆泵研发上的投入,加快高压煤浆泵国产化改造,打破西方技术封锁;利用虚拟仿真技术模拟高压煤浆泵运行过程,科学预判故障高发区,从而制定针对性维修方案,从而降低设备故障率,降低维修成本,促进煤化工产业链高质量发展。

参考文献

- [1] 杨振江. 德士古水煤浆气化工艺高压煤浆泵运行探讨 [J]. 化工管理, 2024, (36): 144-147.
- [2] 孔德升, 马廷卫, 马艳军. 高压煤浆泵标定方法及注意事项 [J]. 大氮肥, 2024, 47(05): 298-301.
- [3] 祁增刚. 煤气化 P3201B 高压煤浆泵常见故障分析及对策 [J]. 石油和化工设备, 2024, 27(07): 62-65.
- [4] 曹昆朋, 魏静. 浅谈高压煤浆泵的运行维护管理 [J]. 氮肥与合成气, 2024, 52(01): 33-36.
- [5] 谢宏运. 高压煤浆泵流量偏差及隔膜故障的探讨与处理 [J]. 大氮肥, 2023, 46(02): 114-116+137.
- [6] 高波, 郑军. FELUWA 高压煤浆泵故障案例分析 [J]. 氮肥与合成气, 2022, 50(07): 52-54.
- [7] 栗铭. GEHO 活塞隔膜泵在多喷嘴水煤浆气化装置的应用 [J]. 氮肥与合成气, 2022, 50(04): 32-34.
- [8] 周政. 高压煤浆泵电气控制系统改进小结 [J]. 中氮肥, 2022, (02): 58-61.
- [9] 李永平, 李彦成, 李中保. 菲鲁瓦高压煤浆泵振动原因分析及优化改造 [J]. 机械, 2021, 48(12): 76-80.
- [10] 高海松. 双软管高压煤浆泵软管破裂原因分析及对策 [J]. 氮肥与合成气, 2021, 49(10): 50-54.