机械制造视角下化工立式压缩机故障诊断与分析

韩锋刚
内蒙古大全新能源有限公司　内蒙古包头　014000

摘　要：本论文聚焦机械制造视角下化工立式压缩机的故障诊断问题，以实际发生的810BC02A、810BC02B等氢压机故障案例为研究对象，深入剖析故障发生经过、原因，并提出针对性的防范措施。通过对润滑油变质、轴瓦磨损、曲轴损伤等故障现象的研究，揭示了化工立式压缩机在运行过程中存在的机械问题及其产生机制。研究表明，润滑油品质管控、设备维护检修以及工艺参数管理等方面的不足是导致故障发生的关键因素。本文提出的防范措施，如缩短润滑油检测周期、加强设备预防性检修等，对提升化工立式压缩机运行可靠性和稳定性具有重要的指导意义，为化工行业相关设备的故障诊断与维护提供了参考依据。

关键词：机械制造；化工立式压缩机；故障诊断；轴瓦磨损；润滑油变质

引言

在化工行业中，立式压缩机作为核心设备之一，承担着气体压缩、输送等重要任务，其运行的可靠性和稳定性直接影响着整个化工生产流程的连续性和安全性。随着化工生产规模的不断扩大和生产工艺的日益复杂，立式压缩机在长期运行过程中面临着诸多挑战，故障发生的频率和危害程度也逐渐增加。从机械制造的角度深入研究化工立式压缩机的故障诊断问题，对于及时发现设备潜在故障、预防重大事故发生、降低维修成本以及提高生产效率具有至关重要的意义。

目前，虽然在化工设备故障诊断领域已有一定的研究成果，但针对化工立式压缩机在机械制造方面的故障诊断研究仍存在不足。部分研究侧重于单一故障类型的分析，缺乏对多种故障因素综合作用的系统研究；同时，在故障诊断方法和防范措施的实际应用方面，也需要进一步结合化工生产的实际场景进行优化和完善。本文通过对实际发生的化工立式压缩机故障案例进行详细分析，旨在深入探讨故障发生的原因和机制，提出切实可行的故障诊断方法和防范措施，为化工行业立式压缩机的安全稳定运行提供技术支持和理论依据。

一、化工立式压缩机故障案例分析

1.810BC02A氢压机轴瓦磨损事故

2025年2月21日9：23分，810BC02A氢压机检修完成后启机试机，初期机组空载和满载运行时声音、振动及各参数均表现正常。然而，在11：10分，机组远传振动值突然上涨，现场人员随即进行测振检查。11：20设备专工抵达现场，发现3#缸体存在异响且垂直振动较大。随后，机修车间也到达现场进行检查。11：45，机组被迫停机，车间迅速安排相关人员进行检修前准备工作和异常问题处理。

在对机组进行隔离置换并确保合格后，工作人员复测3#活塞止点间隙，结果显示上5.0mm、下4.2mm，处于合格范围，同时检测超级锁紧螺母无松动现象。但当拆除曲轴箱侧盖检查时，发现3#/4#连杆瓦存在磨损情况，进一步对曲轴箱内润滑油进行取样检测分析，证实润滑油已变质。为全面排查问题，与机修车间专工共同对所有连杆瓦与主轴瓦进行检查，最终发现3副主轴瓦和5副连杆瓦均有不同程度的损伤。

2.810BC02B氢压机轴瓦及曲轴磨损事故

2025年3月4日上午9：34分，中控副操在巡检过程中发现810BC02B氢压机油压降低，随即通知现场人员进行调整。现场副操于9：36分到达现场，在调整油压时发现油路自力式调节阀旁路已处于关闭状态，无法通过该方式调整油压，且调整油压自力式调节阀后也无效果。该员工立即电话通知现场主操及现场班长机组油压无法调整的情况。

9：38分，现场主操到达现场，检查精油过滤器排气时发现润滑油颜色变质，遂告知中控主操调看油压油温曲线。9：42分，中控发现5#/7#轴温异常，并将此情况发至车间工作群。9：43分，中控向设备工程师汇报异常。9：40分，现场班长到达现场。此时，设备主管正在

806AC01氢压机厂房点检806AC01C机组运行情况，看到车间工作群消息后，于9：43分在群里指示中控根据运行情况慢慢减载。9：48分，设备主管到达现场检查机组状态，发现5号缸体异响，且机组曲轴箱呼吸阀处有油烟气冒出，随即紧急下令让现场班长停止810BC02B主机运行。9：52分，810BC02B停机。

停机后，在对机组进行置换合格的基础上，联系机修车间检查异常原因。打开曲轴箱侧盖后，发现5#连杆瓦脱落，5#曲轴拉伤。后续进一步检查发现，机修车间对5#主轴进行修复处理，在高点打磨完成并进行着色渗透检测后，虽未见明显异常，但复测主轴数据显示瓦拐西侧低点磨损约0.30mm，长度达100mm，最终判定该主轴无法修复，需委外返厂维修。

3.806AC01B机组故障事故

2025年3月10日21：53分，806AC01B机组因高电流突然跳停。电气车间第一时间对设备进行排查，但未发现电气方面存在问题。随后联系机修人员对设备机械部分展开检查。3月12日，机修人员打开曲轴箱侧盖，发现连杆瓦有损伤，进一步翻瓦检查时，发现6列曲轴存在明显磨损划伤情况，其中5#最为严重。在对机封腔室进行拆除检查后，还发现刮油环室/氮封室集油严重，氮封/氢封填料内部油污结痂失效，这些问题最终导致机组故障跳停。

二、故障原因分析

1.直接原因

润滑油变质是导致多起故障的重要直接原因之一。在810BC02A和810BC02B氢压机故障中，均出现了润滑油变质的情况。润滑油变质后，其润滑性能大幅下降，无法在轴瓦与轴颈之间形成良好的润滑油膜，导致轴瓦与轴颈之间的摩擦加剧，从而造成轴瓦磨损。轴瓦磨损后，其与轴颈的配合间隙发生变化，进一步影响设备的运行稳定性，引发振动加剧、异响等问题。

在806AC01B机组故障中，机组缸头润滑油窜入是导致液击机组跳停并损伤轴瓦及曲轴的直接原因。液击现象发生时，巨大的冲击力作用在轴瓦和曲轴上，造成轴瓦和曲轴的损伤，严重影响设备的正常运行。

2.间接原因

中控人员在设备运行参数监测方面存在不足，未能及时发现运行参数的异常变化，且在发现异常后未及时进行汇报反馈。在810BC02B氢压机故障中，油压降低、轴温异常等参数变化未能及时引起中控人员的足够重视，导致故障未能在初期得到有效处理，从而使故障进一步扩大。

部分化工立式压缩机的机封气流量计无法准确观测其流量，导致部分开度较小的机封气携带工艺气体进入曲轴箱。工艺气体进入曲轴箱后，与润滑油发生反应，加速了润滑油的变质过程。同时，工艺气体中的杂质也会对轴瓦等部件造成磨损，影响设备的正常运行。

当前润滑油品检测周期较长，不能及时发现润滑油的品质变化。在润滑油逐渐变质的过程中，无法及时采取更换或处理措施，使得设备在润滑油性能不佳的情况下长时间运行，增加了设备故障发生的风险。部分机组的刮油环组刮油效果不佳，在活塞运行过程中，无法有效阻止润滑油进入各腔室，导致润滑油窜入缸头、曲轴箱等部位，引发液击、润滑油变质等一系列问题。集油器作为收集润滑油的部件，若不能有效排空，会导致集油器内油位上涨，进而使润滑油窜入其他腔室，影响设备的正常运行。

三、故障诊断方法探讨

1.振动监测诊断

振动监测是化工立式压缩机故障诊断的重要方法之一。通过在压缩机关键部位安装振动传感器，实时采集设备运行过程中的振动信号。正常运行状态下，压缩机的振动具有一定的规律性和稳定性；当设备出现故障时，如轴瓦磨损、曲轴不平衡等，振动信号的频率、幅值等特征会发生明显变化。利用振动分析软件对采集到的振动信号进行频谱分析、时域分析等处理，能够准确判断故障的类型、位置和严重程度。例如，当轴瓦磨损时，振动信号中会出现与轴瓦转动频率相关的异常振动分量；通过对这些异常分量的分析，可以确定轴瓦的磨损情况。

2.润滑油检测诊断

定期对压缩机润滑油进行取样检测，分析润滑油的各项性能指标，如粘度、酸值、水分、机械杂质等。润滑油粘度的变化反映了其润滑性能的改变，酸值的升高表明润滑油可能发生了氧化变质，水分和机械杂质的存在会对设备部件造成磨损。当检测到润滑油性能指标超出正常范围时，及时对设备进行进一步检查，判断是否存在因润滑油问题导致的故障。同时，通过对润滑油中金属元素含量的分析，还可以推测设备部件的磨损情况。

3.温度监测诊断

在压缩机的轴瓦、轴承、电机等关键部位安装温度传感器，实时监测设备运行过程中的温度变化。设备正

常运行时，各部位温度处于相对稳定的范围内；当出现故障时，如润滑不良、摩擦加剧等，会导致相应部位温度升高。设定合理的温度报警阈值，当温度超过阈值时，及时发出报警信号，提示工作人员进行检查和处理。通过对温度变化趋势的分析，还可以预测设备故障的发展情况。

四、防范措施

1.加强润滑油管理

缩短润滑油品检测时间，建议将检测周期从原来的较长时间缩短至2个月一次，以便及时发现润滑油的品质变化。同时，公司应采购性能较好的润滑油，确保润滑油具有良好的润滑性能、抗氧化性能和抗磨损性能。在润滑油的储存和使用过程中，严格遵守相关规范，防止润滑油受到污染。

2.优化设备维护检修

缩短机组运行检修周期时长，将检修周期设定为4000h，定期对设备进行全面的维护检修。在设备预防性中修过程中，加强对轴瓦间隙及完好性的检查或抽查，确保轴瓦与轴颈的配合间隙符合要求，及时更换磨损严重的轴瓦。同时，对其他关键部件如曲轴、轴承等进行详细检查，及时发现潜在故障并进行处理。

3.改进工艺与操作管理

加强工艺参数管控，优化生产工艺，减少因清理进口过滤器等原因导致的启机次数，降低设备频繁启停对部件造成的磨损。在操作过程中，操作人员严格按照操作规程进行操作，避免因操作不当引发设备故障。加强中控异常参数巡检，建立强化的汇报机制，确保中控人员及时发现设备运行参数的异常变化，并迅速向上级汇报，以便及时采取措施进行处理。

4.设备结构改进

针对机封气携带工艺气体进入曲轴箱的问题，对氢压机VTN管线进行改进，新增3个放空口，确保机封气中的工艺气体能够及时排出，减少其对润滑油和设备部件的影响。同时，对刮油环组等部件进行优化设计或更换，提高其刮油效果，防止润滑油窜入其他腔室。对于集油器，制定每班排油制度，操作人员每班对集油器进行排油操作，并确认集油器内无集油，避免因集油器内油位过高导致润滑油窜入其他部位。

结论

本论文通过对化工立式压缩机实际故障案例的分析，从机械制造视角深入探讨了化工立式压缩机的故障诊断问题。明确了润滑油变质、轴瓦磨损、曲轴损伤等故障现象及其产生的直接原因和间接原因，提出了振动监测、润滑油检测、温度监测等故障诊断方法，并针对性地制定了一系列防范措施。

研究表明，化工立式压缩机的故障发生是多种因素综合作用的结果，涉及润滑油管理、设备维护检修、工艺参数管理以及设备结构等多个方面。通过加强润滑油管理、优化设备维护检修、改进工艺与操作管理以及进行设备结构改进等措施的实施，能够有效降低化工立式压缩机故障发生的概率，提高设备运行的可靠性和稳定性。

在未来的化工生产中，应进一步加强对化工立式压缩机故障诊断技术的研究和应用，不断完善故障防范措施，结合化工生产的实际需求和技术发展趋势，持续优化设备管理和维护策略，为化工行业的安全、稳定、高效生产提供坚实保障。

参考文献

[1]雷正保，杨宇，于德介.机械设备故障诊断技术及应用[M].北京：科学出版社，2019.

[2]屈梁生，何正嘉.机械故障诊断学[M].上海：上海科学技术出版社，2016.

[3]徐小力，王立平，刘检华.设备健康管理与故障自愈化理论及技术[M].北京：科学出版社，2020.

[4]黄文虎，夏松波，刘瑞岩.设备故障诊断原理、技术及应用[M].北京：科学出版社，2007.

[5]闻邦椿，顾家柳，夏松波.高等转子动力学——理论、技术与应用[M].北京：机械工业出版社，2019.

[6]董金祥，陈新度.化工机械故障诊断技术[J].化工进展，2018，37（12）：4725-4732.

[7]王红军，李建刚，张宏伟.压缩机故障诊断与维护技术研究[J].机械设计与制造，2019（05）：245-248.

[8]赵文祥，孙丽萍，刘志强.润滑油性能对机械设备运行的影响及检测技术[J].润滑与密封，2020，45（03）：123-128.

[9]李建国，王海涛，张伟.化工设备预防性维护策略研究[J].化工装备技术，2018，39（06）：45-49.

[10]张勇，陈涛，李军.基于振动分析的压缩机故障诊断方法研究[J].振动与冲击，2019，38（15）：215-220.