

# 往复式压缩机故障诊断方法研究

韩文凯

(河南省龙宇煤化工公司, 河南 永城 300000)

**摘要** 压缩机能够将原动机的动力转化为气体压力, 被广泛应用于化工、石化、石油等行业中, 是工业生产期间最为关键的辅助性设备。但压缩机结构复杂, 且内部构件极易损坏, 增大运行故障发生风险。基于这一思考, 本文分析往复式压缩机运作过程中常发生的机械性能故障、润滑系统故障、设备排气故障, 提出多种极具科学性、先进性、有效性的故障诊断方法。

**关键词** 往复式压缩机 排气故障 故障诊断 小波分析

中图分类号: TH457

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)07-0004-03

现代科技的进步, 推动往复式压缩机自动化、智能化发展, 与此同时, 增大各构件彼此间联系紧密性, 如果其中一个构件发生运行故障, 会影响压缩机整体运行效果, 严重时, 将导致设备瘫痪。对此, 相关人员需重视起压缩机故障诊断工作的开展, 掌握科学且先进的诊断方法, 以诊断结果为依据, 制定可行的故障处理措施, 确保压缩机始终保持良好运行状态。

## 1 往复式压缩机运行原理

往复式压缩机属于容积式压缩机, 实现封闭空间中气体的顺序吸入与排出, 以此增加静压力。压缩机运作时, 设备自带的曲轴会引起连杆运动, 受连杆的影响, 活塞也会呈上下运动趋势。活塞的运动伴随着气缸内容积的变化: 当活塞向上运动, 气缸容积随之减小, 出气阀自动开启、进气阀关闭, 完成压缩过程; 当活塞向下运动, 气缸容积变大, 进气阀随之开启, 出气阀关闭, 执行进气操作。简单来说, 活塞每运动一次, 气阀的排气阀与吸气阀便会关闭、开启一次, 能够看出压缩机吸气与排气工作受活塞活动所控制。往复式压缩机机构有压缩机、曲轴箱、发动机。其中, 压缩机由多级气缸组成, 每级间设有缓冲冷却分离器, 此时开启进气阀, 会尽数吸收外部存有的工艺气填满压缩缸。活塞始终保持前进运行状态, 实现对石油气体的压缩, 当压力趋近于所设定最大压力时, 开启排气阀, 使工艺气被吸入进二级压缩缸内; 发动机借助曲轴将动力输送给压缩机, 由活塞杆、活塞环、气缸、气阀等构件组成。

## 2 往复式压缩机常见故障研究

### 2.1 机械性能故障

压缩机长时间运作后, 会导致机械部件性能持续减弱, 并出现不同程度的磨损现象。对于一些轻微磨

损构件, 只需安排专业人员加以修理, 直至恢复原来形态; 但一些严重磨损的部件, 不利于修复作业的开展, 只能通过更换部件确保设备稳定运行。通常来说, 往复式压缩机作业期间, 易磨损构件为与缸体相连的气阀、活塞等, 若未及时处理有问题构件, 会增大构件失灵的风险。机械部件的磨损会对压缩机正常运行状态产生干扰, 因此, 应重视起构件运行故障诊断与修复工作, 确保设备机械性能良好<sup>[1]</sup>。

### 2.2 润滑系统故障

润滑系统故障主要有注油器和油泵故障、油温与油压异常。伴随着的故障行为有润滑油泄漏、润滑系统构件损坏、润滑油不足、润滑油管堵塞等。不同故障的处理方式也存在差异, 比如, 若发现润滑箱漏油, 则需开展润滑修理、更换工作; 如果润滑油管堵塞, 应在第一时间组织故障维修人员进行油管疏通; 若运行期间检测到的油温过高, 故障判断方法如下: 细致、全方位检查压缩机各构件运行状态, 构件的异常运动会产生大量热量, 并伴有巨大摩擦力, 从而引发润滑剂温度过高问题。此外, 润滑油本身具有清洁作用, 但在清洁过程中, 会将运动件的磨屑冲进油箱, 造成油管堵塞。故障检查时, 若发现冷却水进水温度过高, 且冷却效率低; 冷却器附着的油污、水垢过多, 冷却水管壁有大量结垢或浮沫, 都会影响冷却系统热传导效果, 而以上现象的存在说明冷却系统损坏, 需及时维修或更换。此外, 若长时间未更换润滑油、受空气影响而氧化、被压缩工艺气酸化等, 均会导致润滑油变质, 不利于润滑系统的安全、稳定运行, 并抑制往复式压缩机整体运行效果。

### 2.3 设备排气故障

排气故障包括过滤器运行故障、阀门故障、活塞

堵塞不严、排气温度与压力异常等。通常来说,往复式压缩机的排气系统会设置过滤器,随着压缩机运行时间的不断推移,过滤器极易被灰尘堵塞,严重影响设备整体过滤效果;排气系统中会分别设置排气阀与吸气阀,若二者同时发生故障,将会增大压缩机排气故障的可能性;活塞密封程度不够或气缸磨损严重,也是引发压缩机排气问题的重要原因。

此外,若活塞与气缸之间存有较大间隙,导致气缸漏气,无法保证设备正常排气;压缩机工作过程中,应做好配备仪表盘数值的日常检查、读取、记录工作,若发现排气压力小于正常压力,则需在第一时间检查活塞环以及阀门的完好程度,如果有严重磨损应更换。压缩机运行时的排气温度要在正常工艺指标范围内,应先对压缩机整体运行状态进行考虑,判断其是否在规定范围内,再检查冷却系统运行工况,若存有异常,需立即开展冷却器维修、保养工作,从而获得良好的降温效果。

### 3 往复式压缩机故障诊断方法

#### 3.1 小波分析

通常情况下,如果往复式压缩机发生运行故障,会发出大量不稳定波动信号,且以振动形式存在,振动信号的频率不同,在表现形式方面有较大差异性,而表现出的压缩机故障特性也不同。小波分析诊断法主要针对振动信号,采取在线检测、分析的方法全方位、深入性诊断往复式压缩机运行实际情况,依托于振动信号判定设备故障预警信息。压缩机故障诊断是一项综合性、复杂性工程,诊断期间可能受多种不可控因素的影响,对此,在诊断前,应安排组织专业人员对各环节易出现的影响因素加以科学调控。小波分析诊断流程如下:深度融合小波分析与神经网络,依托于神经网络具有的延伸性特点,能够有效弥补小波分析过程中体现出的不足,在此基础上,着手于往复式压缩机诊断系统的完善与优化工作。比如,开展压缩机故障样本训练前,应将已产生的振动信号尽数收集起来,并上传于专门打造的系统中,对信号进行消噪处理。在信号传输作用下,会使故障样本进入到小波分析中,逐渐分支重组,实现对压缩机故障特征的全面提取,再将所采集到的信息上传于神经网络训练中执行细化处理工作,并生成压缩机故障诊断报告。小波分析与神经网络共同打造出相互连接的桥梁,从而弥补、完善各自存在的缺陷,现如今,这一诊断方法已被广泛应用在气阀泄漏、基础联动松动等故障诊断作业中,并获得预期诊断效果<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 专家系统

专家系统是当前往复式压缩机故障诊断时常应用的一种诊断方法,具备极为显著的专家系统数据计算优势,在大量数据的支撑下,增强故障处理决策制定与实施科学性、有效性。确保设备故障诊断精准性、高效性。当前,专家系统应用到压缩机故障诊断多个方面,为使该种诊断方法应用价值得到充分发挥,需积极、高质量落实各环节准备工作:诊断前期,应安排专业人员借助现代化设备或仪器采集压缩机运行参数,再对比系统正常时运行数据,实现往复式压缩机异常部位的快速定位,紧接着分析故障类型及产生原因,制定针对性的处理措施,帮助压缩机恢复正常运行状态。专家系统中,能够全面整合各项数据,再依托于信息技术、大数据技术、物联网技术打造专家知识数据库,为工作人员跟踪、实时了解压缩机故障状态以及运行故障问题的解决提供可靠数据支持。此外,故障涉及的内容较多,包括仪表失准、连接松动、阀座损坏等,专家系统的正确诊断依托于知识库时效性运行来实现,将汇总的分析结果上传于知识库中,为压缩机故障检修与运维人员各项工作的有序开展提供便利。

#### 3.3 声发射诊断

需借助声发射源,通常存在于往复式压缩机内部结构中,故障诊断人员只需通过管控系统下达指令,流经传感器耦合界面,便会使声发射源的形态发生变化。与此同时,声发射仪接收信号,并以可视化的形式加以显现,这一信号便可作为故障诊断数据进行深入研究。压缩机运行过程中,其整体运行状态为动态变化,利用声发射技术,能够在短时间内对压缩机当前运作情况进行准确判断。声发射诊断表现出发射信号传输快的优势,极大地提高压缩机故障信息采集效率,又可保证采集结果的准确性。对压缩机样品进行检测时,声发射诊断法体现出层级性分化特征,能够全方位采集、细致整合压缩机运行期间产生的所有信号。而在检测正常运行压缩机的信号时,利用声发射技术进行科学处理,能够有效区分不同种类信号,便于对比分析工作的开展,确保故障点定位准确。

#### 3.4 其他故障诊断法

往复式压缩机构造较为复杂,且故障类型多样,意味着故障诊断方法的丰富性、多元性。可大致分为两类:一是在线诊断法,又称为直接诊断法,通过观察压缩机整体运行状态判断故障点的大致位置,并给出可行且有效的故障处理措施;二是间接诊断法,通

过执行二次诊断作业,采集、汇总压缩机运作信息,以此了解各构件变化情况。除上文谈及的故障诊断技术外,当前应用频率较高的故障诊断法还包括直观诊断法、油液诊断法、热力诊断法、振动诊断法等。

1. 直观诊断法。作为最基础的诊断方法,其诊断原理较为简单,主要是依靠工作人员的身体感官如运行状态观察、运行振动发出声响记录以及多年运维经验实现对压缩机运行故障的诊断。但在此期间,仅从主观意识决断方面加以分析,缺乏技术性,无法保证故障诊断结果以及故障定位准确性,因此,通常应用在压缩机故障初步诊断工作中,或在缺乏先进检测装置的情况下应急使用。但随着自动化技术、智能化技术不断发展与完善,实现往复式压缩机智能化操作,现如今,直观诊断法的应用频率较低,并逐渐被融合人工智能技术的诊断法所替代。

2. 油液诊断法。该种诊断方法较为特殊,主要有两种形式:油液物理化学性能诊断、油液磨损信息分析。诊断作业前,工作人员需对压缩机中的油液进行取样,分析油液自身属性与油液磨损信息,在此基础上,判断压缩机可能存在的运行故障。油液分析过程中涉及大量先进设备仪器和技术的使用,提高油液诊断结果精准程度。

3. 热力诊断法。依托于精准测量仪器,测量、分析压缩机运行过程中产生的各项参数,从而达到故障诊断的效果。监测对象以及采集的数据信息有冷却水量、排气量、水温、油温等。数据收集期间,因构件类型较多,故障的数据表现形式多样,不利于压缩机故障诊断、预测工作的准确进行,因此,热力诊断法一般用于压缩机运行状态监测中。

4. 振动诊断法。通过观察压缩机整体振动情况,对气缸磨损、气阀漏气、主轴承运行状态等信息进行分析。将振动传感器安装于气缸端部,实时采集振动信号,依托于传感器收集结果对气缸内部故障进行判断;同时,也可以将传感器设置在油管附近,实时、跟踪采集压力波信号,以此为依据,诊断压缩机轴承整体运行状况;细致分析振动信号,判断压缩机主轴承故障。由于压缩机运作过程中会伴随较大噪声,对振动信号的干扰程度大,为保证分析、诊断结果的准确性,需做好降噪措施,以此增强传感器可靠度。

### 3.5 仪表故障

远传仪表探头的应用提高了设备的安全可靠性,但也会随着运行时间的拉长、设备震动的干扰和废料污垢的堆积,导致探头信号的失灵或者中断,导压管的堵塞等一系列问题发生。所以为了设备的长周期的

安全可靠运行,需要制定设备的短中长的定期维修与维护,并且在运行期间中控要认真监盘远传信号的真实性及时与现场操作工对比就地仪表压力和温度数据的一致性。一旦出现远传信号与现场就地仪表显示数据不一致,要联系电气或者仪表检修工前来检查电器元件和远传仪表是否损坏,首先解除连锁停泵停机限制后,方可让操作工隔离有问题的仪表部件,然后仪表工维修仪表或者电器工维修电器元件,在中控无法得到机组运行数据及时监盘机组运行情况时,就要现场操作工运用直观诊断法保障机组安全稳定运行,比如温度探头故障就要用到测温仪手动测量机组设备的运行温度,震动异响就要用到听棒用耳朵判断设备异响部位,压力和液位要让操作工观察现场就地压力表和液位计的数据,用对讲机汇报中控,辅助中控监盘,来保障机组安全稳定运行。

### 3.6 原动机故障

往复式压缩机的原动机主流使用的有电机和汽轮机。在原动机出现震动位移超标,或者轴瓦温度异常升高时,判断故障来源也要考虑原动机的传导波及到从动机。例如汽轮机作为往复机的动力源时,因为蒸汽量突然增大或者加减负荷过快,导致汽轮机震动位移加剧,因为汽轮机与往复式压缩机中间有联轴器或者变速箱相连接,从而汽轮机的震动会传导向往复式压缩机,使往复式压缩机轴瓦摩擦生热导致轴承转子温度异常升高,这时问题的根源在汽轮机,而不在往复式压缩机,所以判断故障要精准定位,才能消除隐患,保障机组安全稳定运行。

## 4 结语

石油化工生产作业期间,若往复式压缩机发生运行故障,将会使生产效率、品质与安全受到严重影响。这就需要压缩机操控人员认识到设备运维与故障诊断工作开展的必要性,掌握压缩机运作原理,分析可能发生的运行故障类型,在此基础上,采用科学故障诊断方法快速、准确定位故障点,实现各类故障的有效排除,依托于压缩机良好运行状态,推动工业生产安全、持续生产。

### 参考文献:

- [1] 王思祖. 往复式压缩机气阀失效形式分析及故障诊断[J]. 设备管理与维修,2021(08):56-57.
- [2] 赵鹏辉. 往复式压缩机组动力缸不点火故障诊断维修方法深析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2019,39(17):61-62.