

新氢往复机液击的故障原因分析与预防措施

刘鹏

中石化(天津)石油化工有限公司

摘要: 液击故障是新氢往复压缩机运行中常见且破坏性极大的问题。本文系统分析了液击故障的发生原因,包括工艺参数波动、设备设计缺陷和操作不当等方面。通过对液击故障的特征、影响和诊断方法的研究,提出了以工艺优化、设备改进、操作规范化和实时监测系统为核心的预防措施。

关键词: 液击故障;往复压缩机;工艺优化;实时监测

新氢往复压缩机是化工、能源等领域关键设备,其运行稳定性直接影响整体工艺流程的安全性与经济性。在实际运行中,液击故障成为影响设备运行的重要问题。液击故障通常由于液相工质进入气缸而产生,导致设备部件的严重损坏,如活塞杆弯曲、气缸破裂等,严重时甚至引发停机或安全事故。

尽管液击故障的危害性已被广泛认知,但目前针对液击的预防和控制方法仍存在不足,特别是在工艺参数动态调整、设备设计改进和实时监测等方面。本文通过对液击故障成因的全面分析,结合实际案例和技术研究,提出一系列针对性的预防和改进措施,希望为新氢往复压缩机的液击问题治理提供参考。

1 液击故障的概念与影响

1.1 液击故障的定义与危害

液击故障是指往复压缩机在运行过程中,由于液相工质进入气缸而导致的非正常冲击现象。这种现象通常发生在设备吸排气过程中,液体未能及时排出或因操作异常积聚在气缸内。当活塞压缩液体时,由于液体不可压缩的特性,产生强烈的冲击载荷,造成设备损坏。

液击故障具有隐蔽性强、破坏性大

的特点。一旦发生,可能导致活塞、连杆、气缸等核心部件的严重变形甚至断裂,影响整机运行的可靠性。液击故障还可能引发密封件失效、润滑油乳化等连锁问题,进一步加速设备老化或导致停机检修,增加运行成本。

1.2 液击故障对设备性能的影响

液击故障直接影响往复压缩机的关键性能,包括机械性能和运行稳定性。当液击发生时,气缸内液体的强烈冲击载荷会导致活塞杆弯曲、气缸表面损伤,进而削弱设备的机械强度。液击故障还可能导致气缸内瞬时压力波动剧烈,损坏阀片和填料组件,影响设备的密封性与能效。

液击会显著增加设备的振动幅度和噪声,降低运行的平稳性。由液击产生的热量还会加速润滑油劣化,缩短关键部件的使用寿命^[1]。液击对设备的影响可以从以下几方面体现:压缩机输出效率下降、平均振动幅度增加、排气温度升高以及平均维修间隔大幅缩短,如图1所示。

从图中可以看出,液击故障导致压缩机输出效率下降了24.2%,平均振动幅度显著上升286.7%,排气温度升高了31.2%,而平均维护间隔缩短了65%。

这表明液击故障对设备性能的破坏性极大,是设备安全运行的重大隐患。深入研究液击故障的成因并采取有效的预防措施显得尤为重要。

2 液击故障的原因分析

2.1 工艺参数波动的影响

液击故障的发生与工艺参数的波动密切相关。往复压缩机在运行过程中,对进出口压力、温度、流量等参数有严格的要求。一旦这些参数出现异常波动,就可能引起液体在系统内异常积聚,最终引发液击。工艺参数中的温度波动可能引发气体冷凝,使气缸内产生液相物质,而过高的流量波动可能导致液体未能被有效分离,进入气缸区域。

压力波动在液击故障中也起到重要作用。当进气压力过高或排气压力过低时,液体可能在气缸内快速聚集,形成液击条件。如果系统中的冷却或分离设备无法及时有效运行,这些液体将无法完全被排除。尤其在高低负荷或超设计工况下,工艺参数的不稳定性更容易触发液击事故^[2]。实时监控工艺参数并进行动态调整,对于预防液击至关重要。

2.2 设备设计与操作因素

液击故障的发生与设备设计密切相

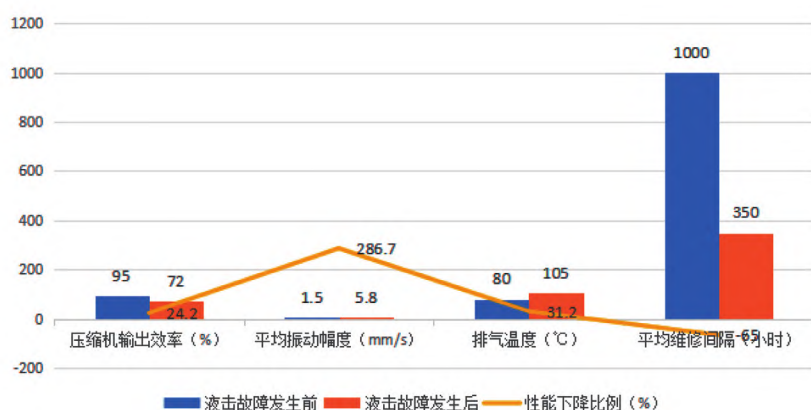


图1 液击故障对设备性能的影响统计

关。如果气缸与活塞组件的设计中未充分考虑液体的排放问题，则容易导致液体在气缸内积聚，形成液击。气缸底部排液孔尺寸不足或布置不合理，可能无法及时将积液排出。活塞组件的密封设计如果存在缺陷，例如密封材料耐久性不足或密封结构过于复杂，则可能导致液体渗入气缸内而无法快速清除。

如图2所示，一级故障活塞组件的结构形式中，部分设计可能导致液体在活塞运动过程中积聚。这种设计上的问题使得在高负荷工况下，液体更容易残留在气缸内，进一步加剧液击的风险^[3]。阀门设计不合理，如开启压力过高或关闭速度过慢，也会增加液体进入气缸的可能性。

除了设备设计，操作因素也是液击故障的重要诱因。在实际运行中，如果操作人员未严格按照操作规程执行操作，如在设备启动或停止过程中未充分排液，则可能导致液体进入气缸。启动前未排净管路中的冷凝液，或停止操作时未逐步减压，可能引发液击事故。设备维护不足，例如液体分离器的定期检查和清理不到位，也会导致液体分离效率下降，进一步增加液击风险。

综上所述，液击故障的预防需要从优化设备设计与提高操作规范性两方面入手，确保液体能够快速有效地被排除，并通过合理的操作和维护措施降低液击发生的概率。

2.3 环境与工况因素的影响

液击故障的发生不仅与设备设计和工艺参数相关，还受到环境和工况因素的显著影响。在复杂工况下，环境条件的波动可能加剧液击故障的风险。在高温或低温环境中，气体的物理性质发生变化，容易导致气体冷凝，从而在气缸内形成液相物质。高湿度环境可能导致系统内冷凝水的积聚，增加液击的可能性。

工况的复杂性也是影响液击故障的重要因素。在高负荷工况下，往复压缩机长时间运行，系统内液体分离装置可能难以应对超额的流量，导致液体进入气缸。而在频繁启动或停机的工况下，气缸内的液体积聚风险更大，特别是在设备启动时未能充分排液的情况下，液击的发生概率大幅增加。

超设计工况运行也会增加液击风险。当设备运行压力和流量超过设计范围时，系统的分离和排液能力将难以满

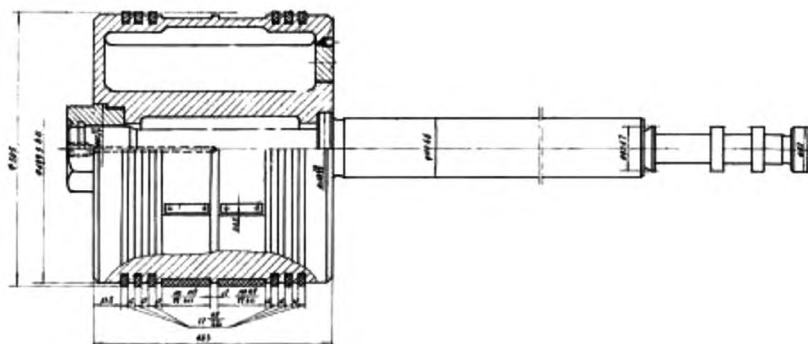


图2 一级故障活塞组件结构形式

足实际需求，导致液体残留在气缸内。设备长期运行可能引发零部件老化，进一步降低其排液能力与系统稳定性。在液击故障的防控中，必须充分考虑环境与工况因素的影响，通过优化运行条件和加强环境适应性设计，降低液击故障发生的风险，确保设备的长期安全运行。

3 液击故障的诊断与分析方法

3.1 振动信号分析技术

振动信号分析技术是一种常用的液击故障诊断方法，其原理是通过监测设备运行过程中产生的振动信号特征，判断液击故障的发生与严重程度。液击故障发生时，会引起气缸和活塞的异常冲击载荷，导致设备振动信号的频率和幅值出现显著变化。这些变化通常表现为振动频谱中高频分量的增加和振动幅度的非正常波动。在实际应用中，振动信号分析通常依赖于高精度传感器和数据采集系统，将设备的振动信号实时转化为可视化的数据。通过对振动信号的时域和频域分析，可以识别液击故障的特征频率和冲击能量变化。液击故障的特征频率通常与设备的机械共振频率接近，而高频冲击信号则是液击故障的重要诊断标志。基于振动信号的包络分析技术可以有效提取弱信号中的故障信息，进一步提高诊断的准确性。

振动信号分析技术具有响应快、成本低、诊断准确的优点，尤其适用于液击故障的早期检测。该技术对环境噪声较为敏感，需要结合其他诊断方法以提

高鲁棒性。将振动信号与声发射监测技术结合,可以实现对液击故障的综合诊断和精准定位。

3.2 声发射监测技术

声发射监测技术是一种基于声波信号检测的液击故障诊断方法,其原理是通过捕捉设备运行中产生的高频声波信号,识别液击故障的发生和传播路径。液击故障发生时,气缸内液体的强烈冲击会在设备内部产生高频弹性波,这些波通过传感器捕捉并转化为声发射信号,从而实现故障的监测与分析。

声发射监测技术具有高灵敏度,能够检测到微小的液击现象和早期故障。当液体进入气缸并发生液击时,声发射信号的幅度和频率特性会出现显著变化,特别是在特定的声发射频段内能量激增。声发射源定位技术可以根据多传感器采集的信号时差,准确确定液击故障的位置和范围,为后续的维修和预防提供指导依据。在实际应用中,声发射监测系统通常由高频传感器、数据采集装置和信号处理软件组成。通过对声发射信号的特征参数(如能量、振幅和事件数)的分析,可以有效区分液击故障与其他噪声干扰。由于液击故障产生的声波信号可能被环境噪声掩盖,该技术需要结合滤波和信号去噪算法,以提高信号的有效性和诊断准确性。

4 液击故障的预防措施

4.1 工艺优化与设备改进

液击故障的预防首先需要通过工艺优化确保系统运行稳定。调整进气温度和压力以避免气体冷凝,合理配置液体分离器以提高分离效率,同时优化冷却系统设计,防止因冷却不充分或过度导致液体积聚。

设备改进是预防液击故障的核心措施之一。针对气缸和活塞组件的设计缺陷,可通过增加气缸底部的排液通道或采用更高效的液体排放结构来消除积液

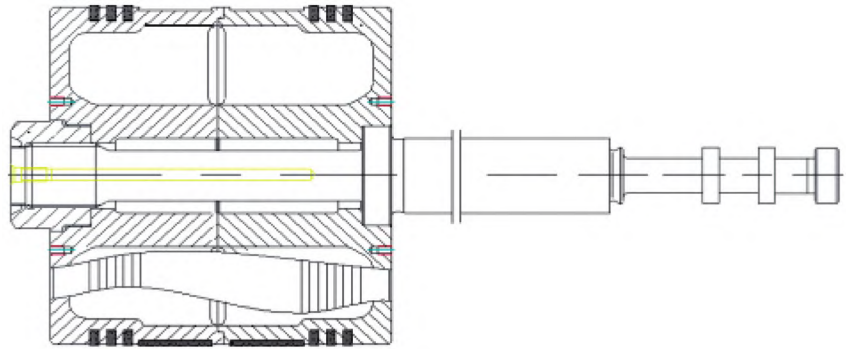


图3 改造后的活塞体

风险。如图3所示,改造后的活塞体设计显著增强了液体排放能力,同时优化了活塞与气缸间的密封性能,减少了液体进入气缸的可能性^[4]。

采用耐磨损、耐高温的密封材料及性能更优的阀门,可进一步提升设备的运行可靠性。对于液体分离器,应确保其在高负荷运行条件下依然能够有效分离液体。通过设备改进,不仅可以降低液击故障的发生率,还能够延长设备的使用寿命,提高运行效率。

4.2 操作规范化与监测系统

操作规范化是预防液击故障的重要手段。在设备启动和停止过程中,严格按照标准操作规程执行,确保液体能够及时排出。启动前检查排液装置是否正常运行,停止时逐步降低工艺压力,避免液体因快速减压而回流进入气缸。定期培训操作人员,提高其对液击故障的识别和处理能力,确保异常情况发生时能够迅速采取应对措施。

建立完善的监测系统是预防液击故障的技术保障。通过在关键部位安装传感器,实时监控气缸内压力、温度和振动等参数,可提前发现液击故障的早期征兆。结合智能监控平台,利用数据分析技术对监测数据进行趋势分析,能够对液击故障进行预测预警,从而提前采取防范措施^[5]。应定期对监测设备进行校准和维护,确保其长期稳定运行。通过操作规范化与监测系统的联动,可以实现液击故障的主动防控,保障设备安全高效运行。

5 结语

液击故障作为新氢往复压缩机运行中的重大隐患,其成因复杂且影响广泛。通过对液击故障的原因分析和预防措施的研究,本文提出了工艺优化、设备改进、操作规范化及实时监测系统等多方面的解决方案。这些措施能够有效降低液击故障的发生率,提高设备运行的安全性和稳定性。

未来的研究应进一步关注液击故障的早期预警技术和数据驱动的动态监测系统开发。还需加强液击防控技术在工业实际中的应用,优化设备运行管理,确保往复压缩机在复杂工况下的高效运行。本研究为液击故障的治理提供了理论基础和实践指导,但仍需在更广泛的工业应用场景中验证其可行性和效果。

参考文献:

- [1] 吕杰明. 往复机组油过滤器失效原因及解决措施[J]. 石油和化工设备, 2021, 24(09):96-98.
- [2] 杜庆海. 循环氢增压往复机连杆螺栓断裂故障分析与处理探讨[J]. 中国设备工程, 2021(S2):65-66.
- [3] RAIS A. 制氢和合成气装置的脱碳技术[J]. 流程工业, 2023(11):16-19.
- [4] 卓旻, 曲慧. 加氢裂化4M50新氢往复机一级活塞故障与改造[J]. 化工与医药工程, 2021, 42(03):47-50.
- [5] 韩旭. 往复机专项监测技术在海上油气田生产过程中的应用[J]. 通用机械, 2015(09):58-61+64.