化工机械中往复式压缩机的维修与保养措施

于福涛

中国石油化工股份有限公司石家庄炼化分公司 河北 石家庄 050099

摘要: 在化工生产中, 往复式压缩机作为关键设备, 承担着气体压缩与输送任务, 对保障生产的连续性和稳定性至关重要。本文聚焦化工机械中往复式压缩机, 阐述其工作原理、结构组成, 分析常见机械、密封及电气故障。提出针对性维修与保养措施, 涵盖日常保养、预防性维修、特殊工况应对及安全注意事项。通过合理选择润滑油、定期检查零部件、制定科学维修计划、采用状态监测技术、针对特殊工况采取特殊措施, 并严格遵守安全规范, 可保障压缩机稳定运行, 降低故障风险, 延长使用寿命, 为化工生产提供可靠设备支持。

关键词: 化工机械; 往复式压缩机; 常见故障; 维修与保养措施

引言: 往复式压缩机其通过容积变化实现气体压缩, 结构紧凑、压缩比高且适应性强, 但运动部件多, 易出现磨损、密封泄漏等故障, 影响设备性能与生产安全。深入研究往复式压缩机的维修与保养措施, 及时解决设备运行中的问题, 确保其高效稳定运行, 对化工企业的生产运营和经济效益提升具有重要意义。

1 往复式压缩机的工作原理

往复式压缩机基于容积变化实现气体压缩与输送。运行时, 活塞在气缸内做往复运动, 通过周期性改变气缸容积, 完成气体的吸入、压缩和排出。当活塞向一端移动, 气缸容积增大, 压力降低, 进气阀在压差作用下开启, 外界气体被吸入气缸, 此为吸气过程; 活塞反向运动时, 气缸容积减小, 气体被压缩, 压力升高, 即压缩过程; 当气缸内气体压力超过排气压力, 排气阀开启, 压缩气体排出, 为排气过程。如此循环, 实现气体的连续输送。单级单作用往复式压缩机中, 活塞每往复一次, 完成一个工作循环。而多级往复式压缩机通过多个气缸逐级压缩气体, 每级压缩后经冷却器降温, 既能提升压缩效率, 又可防止因高温导致气体性质改变与设备损坏, 满足化工生产对高压气体的需求^[1]。

2 往复式压缩机主要结构组成

往复式压缩机主要以下部件构成, 各部分相互配合, 共同保障压缩机的稳定运行。(1) 机身。机身起到支撑和固定其他零部件的作用, 通常采用高强度铸铁或铸钢制造, 具有良好的刚性和稳定性。其内部设有曲轴箱, 用于容纳曲轴、连杆等运动部件, 并储存润滑油, 为这些部件提供润滑和冷却。(2) 曲轴连杆机构。将电机的旋转运动转换为活塞往复运动的关键部件。曲轴通过轴承安装在机身的曲轴箱内, 由电机带动旋转。连杆一端与曲轴相连, 另一端与活塞相连, 在曲轴的带动

下, 连杆做复杂的平面运动, 从而推动活塞在气缸内做往复直线运动。(3) 活塞组件。由活塞、活塞环、活塞杆等组成。活塞直接与气体接触, 在气缸内做往复运动, 实现气体的压缩。活塞环安装在活塞的环槽内, 起到密封和导热的作用, 防止气缸内的高压气体泄漏到曲轴箱内, 同时将活塞吸收的热量传递给气缸壁。活塞杆则连接活塞和连杆, 传递动力。(4) 气阀组件。包括进气阀和排气阀, 是控制气体进出气缸的关键部件。气阀的开启和关闭依靠气体的压力差自动实现, 要求气阀具有良好的密封性、耐磨性和可靠性, 以确保气体的正常吸入和排出。(5) 密封组件。主要包括填料密封和活塞环密封, 用于防止气体泄漏, 保证压缩机的效率 and 安全性。填料密封安装在活塞杆穿过机身的部位, 阻止气缸内的高压气体泄漏到外界; 活塞环密封则保证活塞与气缸壁之间的密封效果^[2]。

3 化工机械中往复式压缩机常见故障

3.1 机械故障

在化工机械中, 往复式压缩机的活塞、连杆、曲轴等部件长期处于高速往复运动状态, 极易发生磨损与损坏。活塞作为直接与压缩气体接触的部件, 在高温、高压以及腐蚀性介质环境下, 其表面易出现磨损、拉伤甚至开裂现象。如在处理含颗粒杂质的化工原料气体时, 颗粒会随气体进入气缸, 在活塞与气缸壁的相对运动中, 如同砂纸般不断摩擦, 导致活塞表面粗糙度增加, 进而引发泄漏, 降低压缩机的工作效率。连杆和曲轴长时间运行后, 连杆可能出现变形、断裂等故障。若连杆螺栓预紧力不均匀, 在运行过程中, 部分螺栓承受的应力过大, 就会逐渐产生疲劳裂纹, 最终导致连杆断裂。曲轴则容易出现轴颈磨损、弯曲变形等问题。当润滑系统出现故障, 润滑油供应不足或润滑油品质下降时, 曲

轴轴颈与轴承之间无法形成良好的润滑膜，摩擦加剧，加速轴颈的磨损。化工生产中频繁的启停操作，也会使曲轴受到较大的冲击载荷，增加其损坏风险。

3.2 密封故障

气阀和填料密封一旦出现泄漏问题，将严重影响设备运行。气阀作为控制气体进出气缸的关键组件，在频繁的开启和关闭过程中，阀片与阀座的密封面容易产生磨损、变形。化工生产中，气体介质成分复杂，可能含有腐蚀性物质，这些物质会腐蚀气阀的密封面，降低密封性能，导致气体泄漏。如在处理含硫化氢的化工气体时，硫化氢会与气阀金属材料发生化学反应，形成腐蚀产物，破坏密封面的平整度，使得气阀关闭不严，压缩气体回流，造成能量损失，甚至引发设备振动加剧。填料密封主要用于密封活塞杆与气缸之间的间隙，防止气体泄漏。填料密封长期受到活塞杆往复运动的摩擦，以及介质压力、温度变化的影响，填料会逐渐磨损、老化。当填料磨损到一定程度，密封间隙增大，气体就会从间隙中泄漏。

3.3 电气故障

电气系统是往复式压缩机正常运行的动力和控制核心。电机作为压缩机的动力源，在化工复杂的环境中，容易因过载、过热、绝缘老化等原因出现故障。化工生产过程中，若压缩机负荷突然增加，超过电机的额定功率，会导致电机电流过大，绕组发热，长期过载运行会使电机绕组绝缘层老化、破损，引发短路故障。化工车间内可能存在腐蚀性气体、粉尘等，这些物质会侵蚀电机的绝缘材料和金属部件，降低电机的性能和使用寿命。控制系统故障会影响压缩机的正常启停、调节和保护功能。传感器故障是控制系统常见问题之一，例如压力传感器、温度传感器出现故障，会导致控制系统无法准确获取压缩机运行参数，进而无法对压缩机进行精确控制，可能造成压缩机运行异常^[3]。

4 化工机械中往复式压缩机的维修与保养措施

4.1 日常保养措施

日常保养是维持往复式压缩机稳定运行的基础，需从以下润滑、冷却及零部件检查等方面着手。（1）润滑系统的保养。正确选择和使用润滑油至关重要，要根据压缩机的工作压力、温度、转速以及气体介质特性，选择合适的润滑油型号。在高温高压工况下，选用具有高粘度指数和良好抗氧化性能的润滑油。严格遵循规定的换油周期更换润滑油，通常每运行500-1000小时或每3-6个月更换一次，具体依据设备使用说明书及实际运行状况确定。在换油时，要彻底清洗油箱、油过滤器等部

件，防止旧油残留和杂质进入新油系统。定期检查润滑油的油位、油质，通过观察润滑油的颜色、透明度及检测其粘度、酸值等指标，判断润滑油是否变质，及时更换不合格润滑油。（2）冷却系统的维护。对于水冷式冷却系统，要严格管理冷却水水质，控制水中的酸碱度（pH值）在6.5-8.5之间，硬度不超过200mg/L，防止结垢和腐蚀。定期对冷却器进行清洗，可采用化学清洗或机械清洗的方式。化学清洗时，选择合适的清洗剂，按照规定的浓度和时间进行循环清洗，去除冷却器管壁上的水垢和污垢；机械清洗则通过高压水射流等方式，直接冲洗冷却器内部。检查冷却水泵的运行状态，确保冷却水的流量和压力满足要求，定期清理水泵入口的过滤网，防止杂物堵塞。对于风冷式冷却系统，要定期清理散热器表面的灰尘和杂物，保证良好的通风散热效果。

（3）零部件的定期检查与紧固。每日巡检时，检查活塞、连杆、曲轴等运动部件的连接螺栓是否松动，可采用扭矩扳手进行紧固，确保螺栓达到规定的预紧力。检查气阀的阀片、弹簧等部件是否有磨损、变形或断裂情况，及时更换损坏部件。观察填料密封的泄漏情况，若发现泄漏量超过规定值，需调整填料压盖的松紧度或更换填料。

4.2 预防性维修策略

预防性维修能够提前发现潜在问题，降低设备故障风险，延长设备使用寿命，应采取以下策略：（1）制定科学的维修计划和周期。维修计划应基于设备的运行时间、工作负荷、历史故障数据等因素制定。对于关键部件，如活塞、曲轴、气阀等，可根据其设计寿命和实际运行状况，设定合理的更换周期。结合生产计划，合理安排停机维修时间，尽量减少对生产的影响。建立设备维修档案，记录每次维修的时间、内容、更换的零部件等信息，为后续维修计划的调整提供依据。（2）关键部件的定期更换与修复。对于易损件，如活塞环、气阀阀片、填料等，严格按照规定的周期进行更换，确保其密封性能和工作可靠性。对于磨损程度较轻的部件，如曲轴轴颈、连杆等，可采用表面修复技术进行修复。对于轻微磨损的曲轴轴颈，可采用激光熔覆、电刷镀等技术，在轴颈表面形成一层耐磨层，恢复其尺寸精度和表面性能。修复后的部件需经过严格的检测和试验，确保其质量符合要求后再投入使用。（3）基于状态监测的维修决策。通过安装振动传感器、温度传感器、压力传感器等监测设备，实时采集压缩机的运行数据，如振动幅值、温度变化、压力波动等。利用数据分析软件对采集的数据进行处理和分析，建立设备运行状态模型，预测

设备故障的发生时间和类型。当振动传感器检测到压缩机的振动值突然增大时,通过分析振动频谱,判断是否是由于轴承磨损、转子不平衡等原因引起,从而及时采取维修措施,避免故障扩大。

4.3 特殊工况下的维修与保养

在高温、高压等极端工况以及处理腐蚀性、易燃易爆介质时,需采取以下特殊的维修与保养措施。(1) 高温、高压工况下。压缩机的零部件承受着更大的应力和温度变化,对其材料性能和密封性能提出了更高要求。定期检查高温部件的热变形情况,如气缸、活塞等,可采用红外测温仪监测部件表面温度分布,发现温度异常区域及时分析原因并处理。对于密封件,选择耐高温、高压的材料,如金属缠绕垫片、聚四氟乙烯填料等,并定期检查密封件的老化和磨损情况,及时更换。加强对冷却系统的维护,确保其散热效果,防止设备因温度过高而损坏。(2) 处理腐蚀性介质。首先要选择耐腐蚀的材料制造压缩机的关键部件,如采用不锈钢、合金钢等材料制造气缸、活塞、气阀等。在运行过程中,定期对设备进行防腐涂层检查和修补,防止介质对设备的腐蚀。对于接触腐蚀性介质的密封件,选用耐腐蚀性能好的密封材料,并增加密封件的检查频率。在停机检修时,对设备内部进行彻底清洗,清除残留的腐蚀性介质,避免介质对设备的长期腐蚀。(3) 处理易燃易爆介质。严格遵守防爆安全规范。定期检查设备的接地装置,确保接地电阻符合要求,防止静电积聚引发爆炸。对电气设备进行防爆检查,确保其防爆性能良好。在维修和保养过程中,使用防爆工具,严禁产生火花。加强对设备的泄漏检测,采用可燃气体检测仪实时监测周围环境中的可燃气体浓度,一旦发现泄漏,立即采取措施进行处理。

4.4 维修与保养过程中的安全注意事项

维修与保养过程中的安全是重中之重,需严格遵守

相关安全规范,保护人员和设备安全。维修操作前,必须对压缩机进行停机、断电、泄压等操作,并悬挂警示标识,防止误操作。对设备内部的气体进行置换,确保设备内部不存在可燃、有毒气体。在进入设备内部进行维修作业时,必须进行通风,检测设备内部的氧气含量,确保氧气含量在19.5%-23.5%之间,同时佩戴好防毒面具、安全带等防护用品。维修过程中,严禁单人作业,至少两人一组,相互照应。保养过程中,妥善处理更换下来的润滑油、密封件等废弃物,防止对环境造成污染。对于含有有害物质的废弃物,按照相关规定进行分类收集和处理。在使用化学清洗剂等化学品时,做好防护措施,防止化学品对人体造成伤害^[4]。定期对维修和保养人员进行安全培训,提高其安全意识和操作技能,确保维修与保养工作安全、顺利进行。

结束语:化工机械中往复式压缩机的维修与保养是保障化工生产顺利进行的重要环节。通过本文对压缩机工作原理、结构特点、常见故障及维修保养措施的系统阐述,明确了日常保养、预防性维修、特殊工况应对及安全注意事项等方面的关键要点。在实际应用中,化工企业应结合自身生产特点和设备状况,制定科学合理的维修保养计划,严格执行各项措施,不断提高设备管理水平。

参考文献

- [1] 邵悦. 化工机械中往复式压缩机的维修与保养措施[J]. 化工管理, 2022(29):117-119.
- [2] 赵健, 黄月. 浅谈化工机械往复式压缩机维修与保养[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(13):198-199.
- [3] 皮博源. 机械设备管理与维修保养探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(29):626-627.
- [4] 包宇. 浅谈化工机械往复式压缩机维修与保养[J]. 中国设备工程, 2021(2):64-66.