

压缩机辅助系统的研究或探讨

赵忠平

国家管网北京管道公司内蒙古输油气分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：本文聚焦于天然气电驱离心式压缩机辅助系统展开深入研究与探讨。首先阐述了天然气电驱离心式压缩机在天然气工业中的重要地位，强调辅助系统对其稳定运行的关键作用。接着详细分析了辅助系统的主要组成部分，包括润滑油系统、密封气系统、冷却系统、仪表控制系统等，深入剖析各系统的功能、工作原理、关键技术细节及常见问题。同时，探讨辅助系统优化策略，如采用智能控制技术、优化设备选型、加强维护管理等。最后对天然气电驱离心式压缩机辅助系统的未来发展趋势进行展望，旨在为该领域的技术发展和实际运行提供有益的参考与借鉴。

关键词：天然气；电驱离心式压缩机；辅助系统；

1 引言

天然气作为清洁高效化石能源，在全球能源结构中地位日益重要。天然气压缩站在产业链中的作用愈发凸显，而电驱离心式压缩机是其核心设备，性能关乎天然气输送的效率与可靠性。它具有流量大、压力高、效率高、运行平稳等优点，广泛应用于长输管道、地下储气库等领域。但要确保其长期稳定高效运行，离不开完善辅助系统，该系统提供润滑、密封等支持，还能监测保护运行状态。因此，研究辅助系统对提高可靠性、降低成本、保障天然气供应安全意义重大。

2 天然气电驱离心式压缩机辅助系统的重要性

2.1 保障压缩机正常运行

天然气电驱离心式压缩机在高速运转过程中，其内部的转子、轴承等部件会产生大量的热量和摩擦力。以某大型天然气长输管道用的电驱离心式压缩机为例，其转子转速可达每分钟上万转，轴承在如此高的转速下承受着巨大的载荷。如果没有辅助系统提供及时的润滑和冷却，这些部件将因过热和过度磨损而迅速损坏，导致压缩机无法正常运行。例如，轴承在缺乏润滑的情况下，摩擦系数会急剧增大，产生的高温可能使轴承烧毁，进而引发压缩机的严重故障，造成天然气输送中断。

2.2 确保天然气密封性能

压缩机的密封性能直接关系到天然气的泄漏量和运行安全。天然气具有一定的易燃易爆性，即使微量的泄漏也可能引发火灾、爆炸等安全事故。辅助系统中的密封气系统通过向压缩机的密封部位提供一定压力和流量的密封气体，形成一道气膜，阻止天然气向外泄漏。如果密封气系统出现故障，天然气泄漏量将增加，不仅会造成能源浪费和环境污染，还可能危及周边人员的生命财产安全。

2.3 监测与保护压缩机

辅助系统配备了各种传感器和监测设备，能够实时监测压缩机的运行参数，如温度、压力、振动、转速等。当这些参数超出正常范围时，辅助系统会及时发出报警信号，并采取相应的保护措施，如自动停机、调整运行参数等，以防止压缩机损坏和事故扩大^[1]。例如，当压缩机轴承温度过高时，仪表控制系统会立即发出警报，并自动降低压缩机的负荷或启动冷却系统加强冷却，避免轴承因过热而损坏。

3 天然气电驱离心式压缩机辅助系统的主要组成部分及功能

3.1 润滑油系统

3.1.1 功能

润滑油系统的主要功能是为压缩机的轴承、齿轮等摩擦部件提供润滑油，形成油膜，减少摩擦和磨损，降低部件的温度，同时还能起到清洁、防锈和密封的作用。

3.1.2 工作原理

润滑油系统通常由润滑油箱、润滑油泵、过滤器、冷却器、油分配器等组成。润滑油从润滑油箱中被润滑油泵抽出，经过过滤器过滤后，进入冷却器进行冷却，然后通过油分配器将润滑油输送到压缩机的各个润滑点。润滑后的润滑油回流到润滑油箱，形成一个循环。

3.1.3 常见问题及影响

(1) 润滑油乳化：当润滑油中混入水分时，会发生乳化现象，导致润滑油的性能下降，无法形成有效的油膜，增加部件的磨损。润滑油乳化的原因可能是冷却水系统泄漏、密封不严导致外界水分进入等。(2) 润滑油氧化：润滑油在高温、氧气和金属催化剂的作用下会发生氧化反应，生成酸性物质和沉淀物，腐蚀部件，堵塞油路，影响润滑效果。润滑油氧化的速度与温度、氧气含量等因素有关^[2]。一般来说，温度每升高 10℃，润滑

油的氧化速度会加快一倍左右。(3) 润滑油泵故障: 润滑油泵是润滑油系统的核心设备, 如果润滑油泵出现故障, 如电机损坏、泵体泄漏等, 将导致润滑油供应中断, 压缩机面临严重损坏的风险。

3.2 密封气系统

3.2.1 功能

密封气系统的主要功能是防止压缩机内的天然气向外泄漏, 同时阻止外界空气进入压缩机, 保证压缩机的正常运行和天然气的质量。

3.2.2 工作原理

密封气系统一般采用干燥、洁净的天然气或氮气作为密封气。密封气经过调压、过滤后, 通过密封气管道输送到压缩机的密封部位。在密封部位, 密封气形成一道气膜, 将天然气与外界隔离。密封气的一部分会随着天然气一起进入压缩机的下一级或排出压缩机, 另一部分则会泄漏到大气中。为了减少密封气的泄漏量, 通常会采用双端面密封或串联密封等结构。

3.2.3 常见问题及影响

(1) 密封气压力不稳定: 密封气压力不稳定会导致密封气膜的厚度发生变化, 影响密封效果。如果密封气压力过低, 天然气可能会泄漏; 如果密封气压力过高, 会增加密封气的消耗量, 同时可能会对密封部件造成损坏。密封气压力不稳定的原因可能是气源压力波动、调压阀故障等。(2) 密封气含杂质: 密封气中如果含有杂质, 如灰尘、水分等, 会磨损密封部件, 降低密封性能, 缩短密封部件的使用寿命。密封气含杂质的原因可能是气源处理不当、管道腐蚀等。(3) 密封气供应中断: 密封气供应中断会使压缩机失去密封保护, 天然气会大量泄漏, 引发安全事故。密封气供应中断的原因可能是气源故障、管道堵塞等。

3.3 冷却系统

3.3.1 功能

冷却系统的主要功能是带走压缩机在运转过程中产生的热量, 降低压缩机各部件的温度, 保证压缩机在允许的温度范围内运行。

3.3.2 工作原理

冷却系统通常采用水冷或风冷的方式。水冷系统由冷却水泵、冷却器、水箱等组成, 冷却水在冷却水泵的作用下, 流经压缩机的各个冷却部位, 吸收热量后进入冷却器进行冷却, 然后回到水箱循环使用。风冷系统则通过风扇将空气吹过压缩机的散热片, 带走热量。

3.3.3 常见问题及影响

(1) 冷却水水质不佳: 冷却水如果含有杂质、硬度过高或具有腐蚀性, 会在冷却器和水管内结垢、腐蚀, 降

低冷却效果, 甚至导致冷却器泄漏。冷却水结垢会降低热交换效率, 使压缩机温度升高; 冷却水腐蚀则会损坏冷却器和水管, 造成冷却水泄漏, 影响压缩机的正常运行。

(2) 冷却风扇故障: 对于风冷系统, 冷却风扇故障会导致空气流通不畅, 散热效果下降, 压缩机温度升高。冷却风扇故障的原因可能是电机损坏、风扇叶片变形等。

(3) 冷却系统泄漏: 冷却系统泄漏会使冷却水或冷却空气流失, 导致冷却能力不足, 压缩机过热。冷却系统泄漏的原因可能是管道连接处松动、冷却器破损等。

3.4 仪表控制系统

3.4.1 功能

仪表控制系统的主要功能是对压缩机的运行参数进行实时监测、显示和记录, 同时根据设定的参数对压缩机进行自动控制和保护。

3.4.2 工作原理

仪表控制系统通常由传感器、变送器、控制器、执行器等组成。传感器将压缩机的各种运行参数, 如温度、压力、振动、转速等转换为电信号, 通过变送器将电信号传输到控制器。控制器根据预设的程序和参数对电信号进行处理和分析, 然后发出控制指令, 通过执行器对压缩机的运行状态进行调整。

3.4.3 常见问题及影响

(1) 传感器故障: 传感器故障会导致测量数据不准确, 使控制器无法正确判断压缩机的运行状态, 从而影响自动控制和保护功能的正常发挥。传感器故障的原因可能是传感器本身质量问题、环境因素影响等。(2) 控制器程序错误: 控制器程序错误可能会导致压缩机误动作, 如该停机时不停机, 该启动时不启动等, 对压缩机的安全运行造成威胁。控制器程序错误的原因可能是编程错误、软件故障等^[3]。(3) 通信故障: 仪表控制系统中的各个设备之间通常通过通信网络进行数据传输, 如果通信出现故障, 会导致数据传输中断, 系统无法正常工作。通信故障的原因可能是通信线路故障、通信协议不匹配等。

4 天然气电驱离心式压缩机辅助系统优化策略

4.1 采用智能控制技术

4.1.1 智能监测与诊断

利用先进的传感器技术和数据分析算法, 对辅助系统的运行参数进行实时监测和智能诊断。通过对大量历史数据和实时数据的分析, 建立设备故障预测模型, 提前发现潜在的故障隐患, 及时采取措施进行维护和修复, 避免设备故障的发生。例如, 采用机器学习算法对润滑油系统的运行数据进行分析, 预测润滑油泵的故障, 提前安排检修。同时, 利用智能传感器实现对密封气系统密封性能的实时监测, 当密封气泄漏量超过设定

值时,及时发出报警信号。

4.1.2 自动调节与优化控制

采用智能控制算法,根据压缩机的实际运行工况,自动调节辅助系统的运行参数,实现系统的优化控制。例如,根据压缩机的负荷变化,自动调整润滑油泵的流量和压力,确保润滑效果的同时降低能耗;根据密封气的压力和流量变化,自动调整密封气系统的运行参数,保证密封性能的同时减少密封气的消耗;根据压缩机的温度变化,自动调节冷却系统的运行状态,提高冷却效率。

4.2 优化设备选型与配置

4.2.1 选择高效节能设备

在辅助系统的设备选型过程中,应优先选择高效节能的设备。例如,选择高效节能的润滑油泵、冷却水泵和风扇等,降低设备的能耗;选择具有高精度过滤功能的过滤器和冷却器,提高系统的运行效率和可靠性^[4]。同时,考虑设备的兼容性和可扩展性,以便于系统的升级和改造。

4.2.2 合理配置设备容量

根据压缩机的实际运行需求,合理配置辅助系统设备的容量。避免设备容量过大造成能源浪费,也要防止设备容量过小无法满足压缩机的运行要求。例如,在确定润滑油箱的容量时,应考虑润滑油的循环量、更换周期和散热要求等因素,确保润滑油箱能够为压缩机提供稳定、充足的润滑油;在确定冷却器的换热面积时,应根据压缩机的发热量和冷却水的温度等参数进行计算,保证冷却器具有足够的冷却能力。

4.3 加强系统维护与管理

4.3.1 制定完善的维护计划

根据辅助系统的设备特点和运行要求,制定详细的维护计划,明确维护周期、维护内容和维护标准。定期对辅助系统进行巡检、保养和维修,及时发现和解决设备存在的问题,确保系统的正常运行。例如,定期更换润滑油和过滤器,清洗冷却器和水管,检查密封部件的磨损情况等。同时,建立设备维护档案,记录设备的维护历史和运行状况,为设备的维护和管理提供依据。

4.3.2 加强人员培训

提高运维人员的专业素质和技能水平,加强对运维人员的培训,使其熟悉辅助系统的工作原理、操作规程和维护方法。能够及时、准确地处理系统运行过程中出现的各种问题,保障系统的安全稳定运行。培训内容可以包括设备操作、故障诊断、维护保养、安全知识等方面,通过理论教学和实际操作相结合的方式,提高运维人员的实际工作能力。

5 天然气电驱离心式压缩机辅助系统的未来发展趋势

5.1 绿色环保化

随着环保要求的日益提高,天然气电驱离心式压缩机辅助系统将更加注重绿色环保。采用环保型的润滑油和密封气,减少对环境的污染;优化冷却系统的设计,提高冷却效率,降低水资源消耗;加强对辅助系统噪声和振动的控制,减少对周围环境的影响。例如,研发新型的生物可降解润滑油,替代传统的矿物润滑油,降低对土壤和水体的污染。

5.2 智能化与自动化

未来,辅助系统将朝着智能化和自动化的方向发展。利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现辅助系统的远程监测、诊断和控制;建立智能运维平台,实现对辅助系统的全生命周期管理,提高运维效率和管理水平。例如,通过物联网技术将辅助系统的设备连接到云端,实现对设备运行状态的实时监测和远程控制;利用大数据分析和人工智能算法对设备运行数据进行分析,预测设备故障,提前采取维护措施。

5.3 集成化与模块化

为了提高辅助系统的安装、调试和维护的便利性,未来的辅助系统将趋向于集成化和模块化设计。将多个功能模块集成在一起,减少设备占地面积和管道连接长度;采用标准化的模块设计,便于设备的更换和升级。例如,将润滑油系统的润滑油箱、润滑油泵、过滤器等设备集成在一个模块中,形成一个整体的润滑油模块,方便安装和维护。

结语

天然气电驱离心式压缩机辅助系统是保障压缩机稳定高效运行的关键。本文深入剖析其组成、功能、关键技术及常见问题,并提出优化策略,还展望了未来发展趋势。未来天然气工业发展中,需持续加强对辅助系统的研究创新,提升性能与可靠性,为天然气高效输送利用提供保障。随着技术进步,该辅助系统将朝着绿色环保、智能化、自动化、集成化和模块化方向迈进,助力天然气工业可持续发展。

参考文献

- [1]肖强;张乐;张建军;钟曾根;曾胜;王玲子;大规模地下储氢用压缩机现状与发展趋势[J];流体机械;2024年02期
- [2]刘建臣,刘攀.国产电驱离心压缩机组在天然气管道的应用[J].油气储运,2021,40(02):131-137+165.
- [3]刘轩佐,李斗.国产离心式管线压缩机在天然气长输管线中的应用与优化研究[J].中国设备工程,2024,(24):71-73.
- [4]曹洋.离心压缩机在天然气储运工程上的应用研究[J].中国储运,2023,(06):190-191.