

基于 PLC 的螺杆空气压缩机的改造及应用

程海军（山西汾西矿业集团两渡煤业公司，山西 灵石 031302）

摘要：两渡矿材料副斜井空气压缩机房改造为 SA-280A-6kV 螺杆式矿井空气压缩机，配置以 PLC 为核心的自动化监控系统，实现系统的控制、监测等功能；加设空气压缩机余热回收系统，实现能源有效利用。

关键词：空气压缩机；PLC 监控系统；余热回收

1 项目概况

矿井空气压缩机作为矿井主要机械设备，除了电力外，它为井下提供主要动力，其运行全过程的性能直接影响到矿井的安全生产。两渡矿副井空气压缩机房始建于九十年代，主要采用 5.5L 和 4L 系列水冷活塞式空气压缩机。其电控系统是继电器、接触器控制形式，均为淘汰产品；存在设备控制方式陈旧、运行效率低、能量调节不合理、用电浪费严重、自动化水平低及供气质量差等问题，无法实现自动化控制要求。

为适应当前节能减排、有效利用能源要求，降低空压机能耗和运行成本，实现自动化矿井建设，提升矿井供气的安全性和可靠性，改善工作环境，研究以 PLC 监控方式的螺杆式空气压缩机和原空气压缩机对比选型。

2 技术改造方案

两渡矿材料副斜井空气压缩机房的原水冷活塞式空气压缩机及配电控制设备拆除，重新选择先进的 SA-280A-6kV 矿用螺杆式空气压缩机 3 台，配置 S7-300 型 PLC 控制器，并配置余热收集装置和降噪装置。

2.1 选用螺杆式空气压缩机

两渡矿材料副斜井空压机房选用 SA-280A-6kV 矿用螺杆式空气压缩机。它是喷油单级双螺杆压缩机，其的原理：主机机头经过电能驱动旋转，实现空气压缩；过热的压缩空气通过喷油对系统冷却吸热；空油混合气体经过粗、精两道分离后，油被分离出来留在油罐中再次循环使用；洁净的加压空气进入冷却器进行冷却后加压送入井下。螺杆式空气压缩具有：①具有完善的自我保护功能；②控制面板的显示功能；③良好的降噪功能。

2.2 电控系统改造



图 1 螺杆式空气压缩机控制系统主画面

螺杆式空气压缩机控制系统选用西门子 S7-300 型 PLC 作为控制主机，该机由 PLC、CPU、电源、通信等模块构

成。PLC 自动化控制系统首先收集压风管路压力的高低、设备运行的数量、设备运行时间等来建立数学模型，自动控制及自动检测运行参数，并将数据传送到集控中心，进行实时监测及报警显示；其具有排气超温保护、风包超温保护、轴承温度检测保护、空气滤芯使用时间监控等功能。

2.2.1 监测方式

矿井配置有负责矿井智能化的集控中心，负责矿井各大系统安全运行监测；空气加压监测系统作为集控总系统的子系统，主要监测空气压缩机运行状态、运行保护参数、故障报警处理等。空气加压监测系统通过矿井建设的工业环网和 5G 网，将各种参数及时传输到集控中心；监测系统处于监测方式时，能够实时显示各空压机及其附属设备的所有运行参数，如电动机电流、排风压力，并方便地进行多画面切换；遇到温度超限、保护动作及设备运行状态发生变化时，可及时声音、文档警告提示。集控中心和空气加压监测系统能够显示工况图、信息图和故障及保护图。其中工况图包括空压机、变频器的运行工况、保护信息；参数表图包括设备的开停、检修及时间等参数；故障及保护图包括空压机、变频器、各种保护传感器的工作状态及故障类型显示出来。

2.2.2 控制方式

当系统处于控制模式时，可实现空压机的集中启动、停止、复位和测试功能，并进行故障（保护）屏蔽及控制方式转换、点动电动机及调节电动机转速。停止命令分为自动停止、手动停止和故障停止 3 种方式。远程操作及控制是通过配置无源干接点及 RS485 通讯接口，能接收 DCS 系统发来的如下控制信号（无源控制信号）：远控启动信号、远控停止信号；可远程进行开/停机操作，远程输出包括：温度、管网压力、电流值等数字信号；具有良好的可控性能，合理的运行操作方式，具有就地、远程和多台机组联锁控制功能；能将所有运转状态及故障信号传至值班室。

2.2.3 查询方式

监控系统可提供电动机电流、温度及供气压力、流量、的历史趋势图查询功能，以及相关数据报表和历史数据查询，还可以打印实时或规定时间段有关设备的运行参数（如运行时间、电动机电流）和运行状态（如开关柜开停状态、故障类型等）。

2.3 余热回收系统的改造

两渡矿空压机余热回收系统的工作原理：螺杆式空气压缩机将电能转换为压缩空气的机械能和散失的热能，大部分的热能传递到空压机水冷机型冷却（下转第 206 页）

为在设备费用方面,与碳管束相比较,不锈钢冷却器的价格约为碳钢 2.5 倍,而实际使用效果并不理想。以下为主要实施的防护策略。

强化生产管理,改善工艺环境增加和上游装置的有效关联,确保进制硫装置中酸性气量能够保持稳定。并且在开工以及停工阶段,都应该重视炉子中氧气的含量。除此之外,还应该最大限度地增加冷却器出口的温度,防止产生硫酸凝液,对其进行腐蚀。

停工阶段运用合理保护手段当装置停工时,可以通过烟气对设备进行吹扫,再利用氮气对设备进行吹扫和冲压,促使设备中的气体得到释放,没有残留,从而有效防止设备被腐蚀。

确保装置长时间持续运行在处理量较低的情况下,难以对系统温度进行维持时,可采取以下两种措施进而实现对系统温度的维持,一是提高一定的配风量,二是减少硫的转化率,如果情况较为特殊,可针对酸性气燃烧炉,向其中添加适当的燃料气,与此同时,促使燃料气彻底燃烧,通过这样的方式,促使系统温度始终超过 130℃。

优化管板结构与安装结构针对薄管板,适当增加其厚度,从而形成厚管板,与此同时提高胀槽,利用强度焊以及胀结构。另外在设备的出口端与入口端,留出一定的膨胀余地,在此基础上,可以实现对膨胀力的降低,这一作用力源于管子。

4 结论

通过上述分析,对于硫磺冷却器的管束应用以及保护,

本文提出以下几点:对于冷却器出口端而言,它的腐蚀现象主要应为硫酸露点腐蚀,以及停工阶段的稀硫酸腐蚀。在入口端,针对奥氏体钢管的裂开现象,主要应为连多硫酸应力腐蚀导致的开裂现象;硫磺冷却器使用 1Cr18Ni9Ti 不锈钢,不能减低腐蚀现象,还会生成连多硫酸腐蚀,不锈钢管造成开裂,焊口发生膨胀加剧应力腐蚀开裂现象;没有胀槽的薄管板容易造成焊口开裂,制造工艺需避免;装置运行不平稳,多次开工和停工操作,促使硫磺冷却器加重腐蚀。运行平稳,使用碳钢管束的硫磺冷却器也能安全使用。只要我们强化生产运行平稳管理,确保装置设备平稳长周期运行,运用碳钢管束冷却器可以安全运行,并降低设备的制造费用。

参考文献:

- [1] 王群.硫磺冷却器的腐蚀原因及对策[J].化工建设工程,2019(02):42-43.
- [2] 李文戈,金华峰.硫磺回收冷凝冷却器腐蚀原因分析及防腐对策[J].石油化工设备技术,2018(01):49-52+1.
- [3] 李文戈,尹莉,金华峰.硫磺回收冷凝冷却器腐蚀原因分析及防腐对策[J].石油大学学报(自然科学版),2017(05):69-72+4.

作者简介:

王宝铁(1985-),性别:男,民族:汉,籍贯:辽宁省锦州市,学历:本科,现有职称:中级工程师,研究方向:设备管理。

(上接第 204 页)器的高温循环油中,介入的油气将热能传递到双回收高效热交换器内,充分吸收的油气余热,交换器内的冷却介质水升温到预设温度后,输送到热水保温箱内,再由热水输送泵系统向职工浴室供水。

改造空压机的冷却管和散热风机,增设余热回收装置,铺设专用的供热水管网。在空气压缩机内部温控阀后以及油气分离器和散热管路前,加设一条长 3.0m 的油气管路,并增加提供澡堂热水动力的两台 10.0kW 的循环泵和恒温供水泵;专用的空压机余热装置的油路系统、气路系统、吨位水箱及供水管路需要包覆保温层及保护层;加压泵泵送回收余热的水,通过管道输送到职工浴室。

3 经济效益分析

3.1 人工成本低

活塞式空气压缩机需配备专门的值班人员和维修人员,螺杆式空气压缩机自带有 PLC 控制系统,能够实现智能化控制及监控,无需看管人员;螺杆式空气压缩机减少 6 工/天,年人工降低费 28.8 万元。

3.2 运行效率高

活塞式空气压缩机利用机械能驱动完成工作行程,使得功耗损失多;且活塞缸中余隙容积,压缩气体效率低。以两渡矿 SA-280A-6kV 螺杆式空气压缩机与原活塞式空气压缩机相比:年运行 8000h,电机功率 280kW,每度电 0.60 元,效率要高出 25% 左右,每台每年可节约电费二十几万

元。

3.3 余热回收利用率

空压机余热回收系统可有效供应热能,加热联合楼的职工澡堂热水 300t,降低热水锅炉运行时间,年节省耗电最为: $100\text{kW} \times 4\text{h} \times 360\text{d} = 14.4 \text{ 万 kW} \cdot \text{h}$,节省耗电费用: $14.4 \text{ 万 kW} \cdot \text{h} \times 0.60 \text{ 元} / (\text{kW} \cdot \text{h}) = 8.64 \text{ 万元} / \text{a}$ 。

4 结语

两渡矿空气压缩机改造选用先进螺杆式空气压缩机,并电控系统进行智能化改造,有效保证其运行效率、稳定性,降低人工控制失误率,实现其控制的自动性、可靠性和安全性运行;空气压缩机加装了余热回收利用装置,节约煤炭消耗,降低空气加压系统和澡堂供热水系统的综合运行成本,减少碳排放,实现保护环境目标。

参考文献:

- [1] 杨誓.螺杆式空气压缩机在煤矿节能项目的改造和应用[J].冶金管理,2019:81+96.
- [2] 李剑峰.变频器在空气压缩机节能改造中的应用[J].凿岩机械气动工具,2014:52-53.
- [3] 贾霞飞,徐荣.SA-250 空气压缩机余热回收与利用[J].同煤科技,2018:38-40.

作者简介:

程海军(1985-),男,汉族,山西大同人,2013 年毕业于太原理工大学,工程师,主要从事矿山机电。