

多级离心风机在天然气净化厂的应用分析

庞增诚 丁大林

(西南油气田公司川中油气矿磨溪天然气净化厂 四川 遂宁 629000)

摘要：在天然气净化工艺中，产生的酸气需要在硫磺回收单元进行转化，为了满足其稳定的流通性，需要一种能提供动力源的机械设备——多级离心风机。本文根据实际工况，介绍了多级离心风机的原理，并就其中典型的多级离心风机故障及其处理方法进行了介绍。在此基础上就机组的优化与改进以及运行管理优化进行了探讨，希望可以为确保天然气生产提供借鉴。

关键词：多级离心风机；鼓风；控制；典型故障处理；优化

0 引言

某天然气净化厂目前有 $130\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 及 $300\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 两套硫磺回收装置，共计有 35 台设备，为满足酸气在转化过程中的稳定流通性，需按照一定比例对其进行不间断鼓风。因此，制造稳定风量的机械设备——多级离心风机在保证装置正常运行中具有重要意义。

1 多级离心风机简介

多级离心风机是依靠输入的机械能，提高气体压力并排送气体的机械，是一种从动的流体机械。某天然气净化厂净化装置共有 4 台该类设备，分别位于 $130\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 及 $300\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 主装置区。

1.1 多级离心风机的工作原理

多级离心风机是根据动能转换为势能的原理，利用高速旋转的叶轮将气体加速，然后减速、改变流向，使动能转换成势能（压力）。在多级离心风机中，气体从轴向进入叶轮，流经叶轮时改变成径向，然后进入扩压器。在扩压器中，气体改变了流动方向并且管道断面面积增大使气流减速，这种减速作用将动能转换成压力能。再利用回流器使气流进入下一叶轮，产生更高压力。其原理如图 1 所示。

1.2 多级离心风机的主要技术参数

装置区多级离心风机共计 4 台，分别为 2 台英格索兰 IR-60.07C 型鼓风机，2 台霍夫曼 GD-7211-ADOI 型鼓风机。其主要技术参数如表所示。

1.3 多级离心风机在工艺中的控制

在硫磺回收单元中，主燃烧炉主燃烧室内给酸气配给恰当比例的空气量，是装置操作中重要的一环，为了尽可能提高硫磺回收率，必须保证 $\text{H}_2\text{S}:\text{SO}_2=2:1$ 。因此，配给的空气总量必须通过风机出口管线后端的两路调节阀进行控制。第一路比例调节跟踪酸气流量的变化保持空

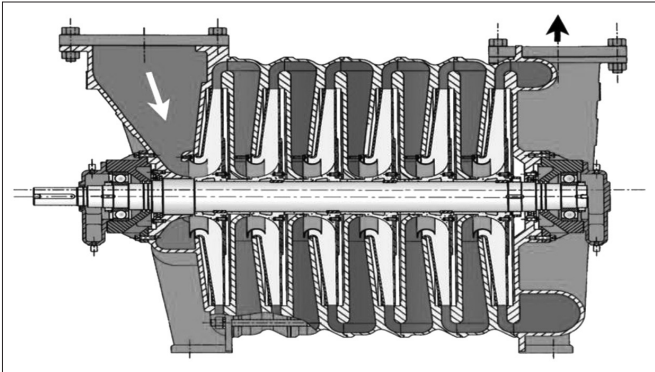


图 1 多级离心式鼓风机内部空气流程示意图

表 两种风机主要技术参数

型号	IR-60.07C	GD-7211-ADOI
位号	K-1301	K-1301 III
排气压力	70 kPa	70 kPa
额定排量	3500Nm ³ /h	3082~3390Nm ³ /h
电压	380V	380V
功率	132kW	132kW
控制程序	SIEMENS S7-200	SIEMENS S7-200

气、酸气的一定比例，其通过能力为主燃烧炉空气总量的 80%。第二路由 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 在线分析仪反馈的信号调节，其通过能力为主燃烧炉空气总量的 20%。两路调节阀的控制随进料酸气组成的变化而变化。

2 典型机械故障判断及处理

2.1 振动高报联锁

2.1.1 故障现象

2016 年 4 月，当班操作员工在巡检时发现 300 万 GD-7211-ADOI 型风机 A 台控制面板显示风机振动高报警故障，随即向调度汇报并执行切换操作。

2.1.2 故障判断

风机的振速报警值一般设定在 7.8mm/s，联锁值设定

在 11.5mm/s。在排除振动传感器和接线松动后,维修人员利用听针及便携式测振仪对机组轴承箱进行诊断,发现其运行时 8 个标准测点振速存在周期性波动,最低值为 3.2mm/s,最高值为 9.4mm/s。而正常情况下,轴承的 8 个标准测点振动值偏差应保持在 0.5mm/s 范围内,故判断为轴承磨损。

2.1.3 故障处理

维修人员将机组轴承箱进行拆卸,取出轴承后,发现其外圈有 1/4~1/3 出现烧红烧黑的痕迹,内圈有 1/5 出现烧红后痕迹,轴承盘转时无明显卡涩,即轴承在运行中发生蠕变。

更换新轴承后,机组运行正常,振速显示为 1.1mm/s。

2.2 膨胀节破损

2.2.1 故障现象

2016 年 8 月,130 万 IR-60.07C 型风机 B 台在运行时出口压力骤降,机组连锁。当班操作工立即按指令对机组进行紧急切换。

2.2.2 故障判断

维修人员在现场发现风机出口端膨胀节破裂,且破裂面积约 200cm²。膨胀节在机组中的作用是大幅减缓风机对管路的振动,其材质为带金属丝加强的耐热橡胶。但随着时间推移,本体会随着温度反复变化发生塑性变形,在机组运行时,其抗拉强度降低,最终导致破裂。

2.2.3 故障处理

维修人员对破裂的膨胀节实施拆除并重新安装新膨胀节,安装过程中确保各点位与管道的垂直度一致,防止膨胀节在单一面发生应力集中。

2.3 变速箱抱死

2.3.1 故障现象

2011 年,130 万 IR-60.07C 型风机 A 台在机组风量、风压、阀位参数均正常的情况下,突然抱死,盘车无动作。当班操作工立即按指令对机组进行紧急切换。在排除机组控制程序无异常的情况下,维修人员对风机电机、齿轮变速箱及机体分别进行检查,发现机体、电机两端盘车无异常,齿轮箱抱死,故对齿轮箱进行解体。齿轮箱主动、从动齿轮完好,但轴承损毁。齿轮油泵传动连接块连接槽磨损近 40 丝,磨损面离定位螺栓孔仅 5 丝。油泵主轴键连接端菱角全部磨损为圆角,无法与传动连接块形成过渡配合。

2.3.2 故障判断

在排除元件自身寿命问题后,造成齿轮变速箱抱死的主要原因为齿轮箱润滑系统失效所致。润滑系统主要通过齿轮箱油泵完成介质输送,电机驱动变速箱主动轴尾端传动连接块,再通过销连接的形式传递转矩至油泵完成驱动。润滑油的冷却通过系统中油冷却器完成,循环水与油路以管壳层的形式完成换热。当油泵传动连接块与泵轴键连接

端同时磨损,超出设定公差,油泵将无法接收来自齿轮箱主轴传递的转矩,油路系统油压降低至 50kPa(正常情况下油路系统油压稳定在 175kPa~250kPa 范围),润滑油油温随时间推移呈线性递增,最终导致齿轮箱轴承超温烧毁,齿轮箱抱死。

2.3.3 故障处理

维修人员对油泵轴键连接端采取堆焊修补、车削淬火的方式进行修复,以满足零件强度硬度。针对损坏的传动连接块采取重新测绘加工的形式,满足其过渡配合要求。破坏性拆除抱死轴承,打磨齿轮主动、从动轴并热装新轴承后调节齿轮箱齿轮啮合度直至盘车顺畅。恢复安装后,风机运行正常。

3 机组的优化与改进

3.1 首次启运发生连续喘振联锁

3.1.1 问题现象

2016 年 6 月前,300 万 GD-7211-ADOI 型风机在切换操作时常出现首次启机连续喘振联锁现象,据统计,自设备投运,共计发生首次启机喘振联锁共计 12 次,酸气短时放空 4 次,累计损失酸气量约 500m³。通过控制面板显示,其实际电流最大值仅为 124A,低于其喘振联锁电流 138A。观察入口阀与旁通阀的开度,入口阀阀位正常(40%),旁通阀开度为 60% 高于其稳定阀位 30%。

3.1.2 问题分析

GD 型风机的 PLC 控制程序(SIEMENS S7-200)主要是基于其实时电流来对其他控制参数进行换算。其实际运行电流低于喘振电流,即实际载荷低于最小载荷。在程序中,能够影响载荷的因素只有入口阀与旁通阀的开度,主要由旁通阀的开度来控制。通过对程序的研读,在正常状态下,风机在启动前旁通阀开度为 100% 全开,机组加载时其阀位会迅速全关(0%)直至达到最小负载状态,再通过开旁通阀调节至 30% 阀位进入稳定运行状态。

在调节运行阶段,旁通阀的阀位首先将会开至 80%,入口阀阀位随之开至 50% 以满足最小负荷。此时,电机的实际电流大于最小电流(VW854),但风机的出口压力介于压力下限(VD1412)与设定压力(VD1420)间,旁通阀将按 1% 的幅度增加开幅,1s 动作一次,直至全关。

通过现场核对,旁通阀的实际动作延时约 5s,关旁通阀程序较正常情况下多进行了约 4 次扫描,即多传输了约 4 次关阀信号至定位器,旁通阀实际开度比设定开度小。此时,风机实际输出压力高于设定压力,实际电流小于最小负荷电流。

由于风机实际输出压力高于设定压力,旁通阀将执行开阀程序。

正常情况下,当电流小于最小负荷电流且出口压力高于设定压力 1kPa 时,旁通阀按 1% 幅度增加开度,1s 动

作一次,直到全开。

但由于实际工况下旁通阀的延迟动作,开旁通阀信号的扫描周期将多进行约4次,在此期间,其运行电流始终低于最小负荷电流。

由于风机的实际运行电流低于最小负荷电流,在阀门延时动作的情况下,实际电流值(124A)已低于风机喘振联锁值(138A),经喘振联锁延时器T106延时10s后,机组执行联锁程序。

综上所述,连续出现喘振联锁现象主要是因为旁通阀定位器在执行PLC指令时体现出的延时情况导致阀门不稳定,电流低于喘振联锁值,最终导致风机联锁。

3.1.3 优化与改进

维修人员对旁通阀定位器进行检查,发现在手动控制的情况下阀门的增减幅不稳定,在确认定位器本体无故障的情况下,判定为仪表风气源压力波动(约20kPa)。通过对定位器仪表风输入端增加一组稳压阀对波动气源进行缓冲,有效地控制了定位器延时动作的弊端。重新投运机组后,测算定位器执行时间约为1s,延时问题得以有效解决。机组运行至今,再无启运时连续喘振联锁现象发生。风机旁通阀门定位器及新增减压阀如图2所示。

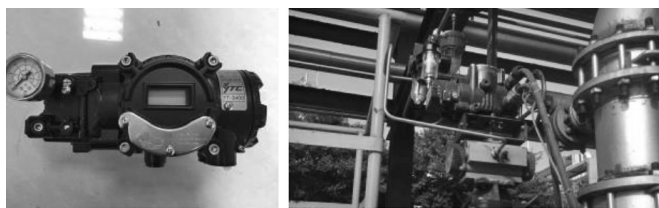


图2 风机旁通阀门定位器及新增减压阀

4 运行管理优化

多级离心风机作为为天然气净化装置提供稳定风源的核心设备,并且自动化程度高。为了更好地发挥其高质高效的特性,针对多级离心风机的优化运行管理有如下建议。

4.1 操作人员

作为设备操作人员,在使用该设备时,应遵循以下几点原则:

- (1) 每间隔1小时应到现场巡检一次;
- (2) 巡检时应观察机组出口压力是否稳定在70kPa,风机前后端轴承振动速度不超过7.8mm/s,机头温度不超过100℃,变速箱油压在175~250kPa范围内,若不满足要求,应及时报修,并做好相应记录;
- (3) 机组系一用一备运行模式,操作人员应每2周切换一次,确保备用设备能够正常运行。

4.2 维修人员

作为设备维修人员,加强日常设备的维护工作,能够有效防止故障发生。在设备维护保养中,应遵循以下几点

原则:

(1) 机组运在行期间应根据ISO 10186国际振动标准对其轴向A,水平L,垂直V分别测量4组振速数据,并做好对应记录;

(2) 每次机组切换后应将停运设备转动部分油污进行清理,避免污渍腐蚀;进口、出口阀门定位器应定期切换至手动进行调校,确保阀门开度的精确性;

(3) 机组每运行4000h必须将内部润滑油进行更换,齿轮变速箱每8000h必须将变速箱油进行更换,停用机组若发现油箱内油位低于观油孔1/3时,应及时补充至1/2~2/3油位;

(4) 空气滤网每运行4000h必须进行清扫,防止空气进口压差过大导致程序控制偏差。齿轮箱油滤的使用寿命为16000h,为确保机组平稳运行,必须在规定使用时间范围内将此类部件进行及时更换。

4.3 技术管理人员

作为设备技术管理人员,及时对设备进行监控,能够有效杜绝机组潜在隐患。在设备管理方面,应注意如下要点:

(1) 常用备件如轴承、油滤、空气滤芯、润滑油等库存量不能为0,最少应满足下一季度需求,即每台机组需备用空气滤芯1套、油滤1只、轴承1组,各类润滑油共计80L;

(2) 每季度对变速箱油泵进行检查,观察并记录油泵连接部件磨损情况,便于及时处理;

(3) 定期对机组现场控制显示的数据进行分析,在考虑季节变化、节能等因素下,通过STEP 7-MicroWIN软件适当调整PLC模块的运行参数;

(4) 实时监测机组下游空气、酸气的压力、流量是否稳定,若不稳定,则从机组端至下游设备层层排查,判断原因。

5 结语

综上所述,多级离心风机在保证装置正常运行中具有重要意义。本文在介绍其常见故障的基础上提出了改进建议,并就管理优化进行了探讨,希望通过上述分析,可以为天然气净化厂的安全稳定运行提供支持。

参考文献:

潘振静. 多级离心鼓风机喘振技术因素分析及对策[J]. 设备管理与维修, 2014(2): 28-30.

作者简介: 庞增诚(1989-),男,四川南充人,本科,工程师,研究方向: 天然气净化设备技术管理; 丁大林(1992-),男,重庆渝北人,本科,工程师,研究方向: 天然气净化仪表技术管理。