

离心式空压机喘振分析与预防

饶远杨

(江西铜业集团公司贵溪冶炼厂,江西 贵溪 335424)

摘 要:离心式空气压缩机是目前工厂使用最普遍的空气压缩机,然而,离心式空气压缩机夏季较易发生喘振。本文简述了离心式空气压缩机的喘振机理、特征和危害,并针对夏季温度升高时如何预防离心式空气压缩机喘振以及如何提高其运行效率的措施进行了分析。

关键词:喘振;离心式空压机;夏季;气温;效率;措施

中图分类号:TH452 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-3842(2011)02-0055-03

Prevent Surge Of Centrifugal Air Compressor Advisably And Upgrade the Efficiency In Summer

RAO Yuan - yang

(JCC Guixi Smelter , Guixi , Jiangxi , China 335424)

Abstract: The centrifugal air compressor is the most fashionable air compressor in factories, but it is easy to be surged in summer. The elements of the centrifugal air compressor and its characteristic and disserve are analyzed, how to prevent from surging for centrifugal air compressor advisably and how to upgrade its efficiency when the temperature rise in summer are also analyzed in this article.

Key words: surge; centrifugal compressor; summer; temperature; efficiency; measure

1 引言

离心式空气压缩机属于动力式空气压缩机。其基本工作原理是用高速回转的叶轮提升气体分子动能,再经过扩压器使气体分子的动能转化为压力能^[1]。它具有排气量大,效率高,结构简单,体积小,气体不受油污染以及正常工况下运转平稳、压缩气流无脉动等特点。然而,离心式空气压缩机对气体的压力、流量、温度变化较敏感,易发生喘振。特别在夏季气温高时,喘振现象尤为频繁。

2 喘振的机理

喘振是流体机械及其管道中介质的周期性振荡,是介质受到周期性吸入和排出的激励作用而发生的机械振动。在离心式空气压缩机中,喘振是压缩机运行中的常见故障之一,是旋转失速的进一步发展。当离心式压缩机在负荷降低到一定程度时,被压缩气体将会在叶轮的 non-work surface 形成脱流团,造成冲击损失急剧增加,这不仅使流量损失增加,效率

下降,还会导致气流从管网倒回压缩机,引起机身强烈振荡,并发出“哮喘”或“吼叫”声,这种现象叫做离心式压缩机的“喘振”^[2]。

如图 1 所示,离心式压缩机具有这样的特性,对于一个确定的转速,总对应一个流量值,压缩机效率达到最高点。当流量大于或小于此值时,效率都将下降。一般常以此流量的工况点为设计工况点。

压缩机的性能曲线左边受到喘振工况(Q_{min})的限制,右边受到堵塞工况的限制,在这二者之间的区域,称为压缩机的稳定工况区域。稳定工况区域的大小,是衡量压缩机性能的重要指标。

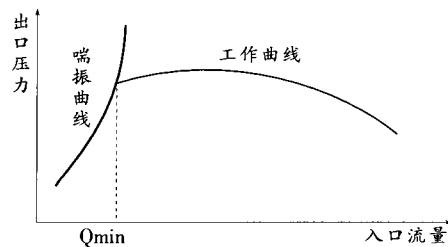


图 1 压缩机性能曲线

当压缩机在运行过程中,若因外部原因使流量

收稿日期:2010-08-06

作者简介:饶远杨(1987-),男,江西上饶人,本科,主要从事电气控制与自动化工作,E-mail:raoyuanyang@qq.com

不断减小达到 Q_{min} 值时,就会在压缩机流道中出现严重的旋转脱离,若气量进一步减小时,压缩机叶轮的整个流道被气流旋涡区所占据,这时压缩机的出口压力将突然下降。但是,压缩机出口所连接的较大容量的管网系统中压力并不马上下降,此时会出现管网中气体向压缩机倒流的现象。当管网中压力下降到低于压缩机出口排气压力时,气体倒流会停止,压缩机又恢复向管网排气。然而,因为进气量的不足,压缩机在出口管网恢复到原来的压力以后,又会在流道内出现旋涡区。如此周而复始,机组和管道内的流量会发生周期性变化,机器进出口压力会大幅度脉动。由于气体在压缩机进出口处吞吐倒流,会伴随有巨大周期性的气流吼声和剧烈的机器振动,这些波动在仪表操作盘的压力、流量、振动信号显示、记录中可以清楚地反映出来,在操作现场也可以立即觉察得到。

由喘振引起的机器振动频率、振幅与管网容积大小密切相关,管网容积越大,喘振频率越低,振幅越大。一些机器的排气管网容量非常大,此时喘振频率甚至小于 1Hz。

3 喘振的特征

压缩机发生喘振的主要特征如下:

(1) 正常情况下,压缩机振动较为平稳,振幅很小。压缩机接近或进入喘振工况时,缸体和轴承都会发生强烈的振动,其振幅要比正常运行时大大增加,且频率较低,一般为 1~30Hz。

(2) 正常情况下,压缩机出口压力和进口流量变化不大,所测得的数据在平均值附近波动,幅度很小。压缩机接近或进入喘振工况时,出口压力和进口流量的变化都很大,会发生周期性大幅度的脉动,有时甚至会出现气体从压缩机进口倒流的现象。

(3) 正常情况下,压缩机噪声较小且是连续性的。当接近喘振工况时,由于整个系统产生气流周期性的振荡,因而在气流管道中,气流发出的噪声也时高时低,产生周期性变化。当进入喘振工况时,噪声剧增,甚至有爆声出现。

4 喘振的危害

喘振现象对压缩机十分有害,主要表现在以下几个方面^[3]:

(1) 喘振时由于气流强烈的脉动和周期性振

荡,会使供气参数(压力、流量等)大幅度地波动,破坏了工艺系统的稳定性。

(2) 会使叶片强烈振动,叶轮应力大大增加,噪声加剧。

(3) 引起动静部件的摩擦与碰撞,使压缩机的轴产生弯曲变形,严重时会产生轴向窜动,碰坏叶轮。

(4) 加剧轴承、轴颈的磨损,破坏润滑油膜的稳定性,使轴承合金产生疲劳裂纹,甚至烧毁。

(5) 损坏压缩机的级间密封及轴封,使压缩机效率降低,甚至造成爆炸、火灾等事故。

(6) 影响与压缩机相连的其他设备的正常运转,干扰操作人员的正常工作,使一些测量仪表仪器准确性降低,甚至失灵。

喘振是由于气体的可压缩性而造成的空压机的固有特性,也是离心式空压机的一种特有现象因此,防喘振成为离心空压机控制系统的一项最重要的任务。在工艺操作过程中,作为离心空压机的保护装置来说,喘振控制是很重要的,因为一旦喘振发生,空压机将处于不安全的工作状态。因此,如果操作中可能使流量下降到离心空压机喘振流量以下,那么就on应该设置喘振控制系统^[4]。

5 喘振的预防措施及改进

5.1 压缩机自带的喘振保护装置

贵溪冶炼厂动力车间的 5[#] 杂用空压机为美国耀星公司 TA-38 型 3 级压缩离心式空压机。该空压机具有自动双重流量限制控制:当系统压力到达空压机的设定压力时,进口导叶会慢慢关小,此时空气仍然持续以需求的速率和相对的压力输出。如果系统需求量继续下降,低于空压机稳定操作的范围,进口导叶将关至最小开度,同时,在空压机的排汽管路上,空气会经过止回阀前端的放空阀排至大气。

通过之前的介绍,我们知道空压机喘振的直接原因是入口流量减少,而入口流量减少直接导致空压机负荷减少,空压机负荷减少最直观的反应就是电机电流减小。大部分空压机都带有防喘振装置,它们的工作原理基本相同,即在空压机运行接近喘振曲线时打开放空阀,降低出口压力,以起到预防喘振的作用。TA-38 所采用的防喘振斜率设置就是其中最普遍的一种,如图 2 所示。通过设置系统压力与电机电流的比值,在相应的系统压力下,如果电流低于设定值,则自动打开空压机的放空阀使空压机卸载,从而达到预防喘振的效果。

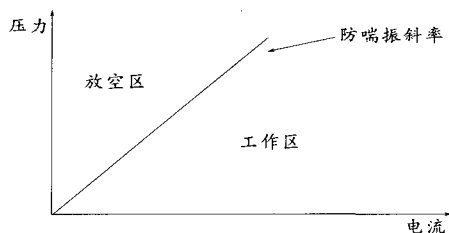


图2 防喘振斜率图

5.2 装置的不足及人为改善

此防喘振斜率设置在正常情况下能有效确保空压机的稳定运行,但随着夏季温度的升高,动力中心的厂房气温高达50℃,高温大大降低了空气密度,使得吸入空气量减少,而且温度升高也使电机内阻增加,降低了电机的输出功率,所以电机电流常常低于防喘振斜率的设定值,导致空压机频繁放空,严重威胁空压机的安全运行,有时不得不停机检修,从而影响空压机的运行效率。针对高温时空压机频繁地防喘振放空,车间尝试了以下措施:

(1)由于温度升高是导致频繁放空的根本原因后,车间通过各种降温措施,如在厂房外增加水冷设施,增加厂房内的散热风机等,取得了一定的效果,空压机放空的次数有了略微减少。但由于厂房太大,且运行设备较多,要想使气温得到进一步的降低需要的投入是极大的,所以我们需要寻找别的途径来进一步减少空压机的放空次数。

(2)通过空压机的防喘振斜率我们可以明白:触发放空的最小电流和设定的系统压力是成正比的。所以,如果我们控制好系统压力,使系统压力在允许的范围内尽量偏低,就可以使设备在较低的电流下运行而不放风。由于车间除了离心式空压机外,还有3台功率较小的往复式空压机,根据管网压力的变化,相应的开启或停止一台或两台往复式空压机,可以灵活调节管网压力,使空压机工作在较低的系统压力下。通过车间的努力,空压机的放空现象得到明显的改善,但由于工厂用气是间断且无规律的,系统压力变动较为频繁,这使得操作人员需要频繁开停设备来调节系统压力,所以仍然需要寻找更合适的解决方法。

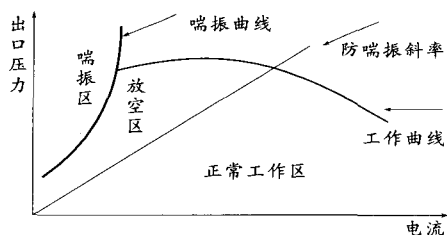


图3 压缩机运行曲线

(3)将图1和图2的结合,可以得出离心式压缩机喘振、放空与正常工作之间的关系。如图3:

通过图3可知,压缩机在正常工作和喘振之间有一片起保护作用的放空区,只要有放空区的存在,就可以避免压缩机喘振,而放空区的大小则影响空压机的利用率。如果在确保放空区存在的前提下,减小放空区的面积,就能提高空压机的利用率,减少不必要的放空。

车间通过联系厂家技术人员到现场进行喘振试验,绘制出了空压机的实际喘振曲线,然后与空压机内置防喘振斜率进行比较,发现防喘振斜率确实过低,导致放空区过大,影响了空压机的利用率。通过车间领导以及机、电、工艺人员的认真讨论结合厂家的建议,最终决定将空压机的防喘振斜率适当调高,减少放空区,扩大空压机的正常工作范围,修改后的曲线如图4所示。

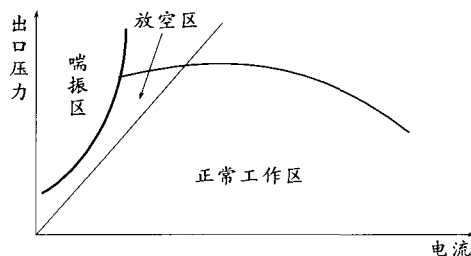


图4 修改后的压缩机运行曲线

修改防喘振斜率后,空压机运行良好,即能有效防止喘振,又没有出现频繁放空,设备的利用率得到了极大的提高。

6 总结

夏季气温高,空气稀薄,使得离心式空压机效率降低,且容易喘振。所以夏季要注意设备的散热,尽量降低设备和环境的温度。同时,适当控制管网的空气压力,尽量使喘振点向下移,降低喘振发生的机率。另外,每台空压机的喘振曲线都有略微的差别,设备初始的喘振保护斜率通常是个通用值,如果觉得这个值过低,可以请厂家专业人员到现场进行喘振曲线的测试,从而制定更合理的防喘振斜率,提高设备的运行效率。

REFERENCES

- [1] 徐忠. 离心压缩机原理[M]. 机械工业出版社, 1990.
- [2] 李永生. 离心式压缩机的抗喘振控制[J]. 大氮肥, 2009, 32(3): 177-180.
- [3] 荐保志. 离心式压缩机喘振分析及解决措施[OL]. 中国压缩机网, 2009.
- [4] 谷骁勇, 张孟超. 离心空压机喘振机理及防喘振控制方法的探讨[OL]. 中国压缩机网, 2009.