

## 离心式压缩机的喘振机理及防范措施

聂其胜

福建福海创石油化工有限公司, 福建 漳州 363216

**[摘要]**近些年来,我国化工产业发展较快,在化工生产中离心式压缩机也成为化工生产中比较常用的生产设备。离心式压缩机为速度式压缩机,整体结构比较简单、排气量较大、体积较小且不会受到污染,所产生的气流无脉动,可以提升生产效率,因此在石化行业得到广泛的应用。在化工生产中应用离心压缩机可以提升生产的稳定性与安全性,但是离心压缩机在应用过程中会因为气体压力、流量、温度等方面的变化导致喘振问题。当离心压缩机出现喘振问题时会出现较大的危害,无法保证压缩机使用效率,因此应重点关注并做好处理工作。

**[关键词]**离心式压缩机;喘振机理;防范措施

DOI: 10.33142/ec.v5i10.6987

中图分类号: TP273

文献标识码: A

## Surge Mechanism and Preventive Measures of Centrifugal Compressor

NIE Qisheng

Fujian Fuhai Chuang Petrochemical Co., Ltd., Zhangzhou, Fujian, 363216, China

**Abstract:** In recent years, Chinese chemical industry has developed rapidly, and centrifugal compressors have also become more commonly used production equipment in chemical production. Centrifugal compressor is a speed compressor. Its overall structure is relatively simple, its exhaust volume is large, its volume is small, and it will not be polluted. The generated air flow has no pulsation, which can improve production efficiency. Therefore, it is widely used in the petrochemical industry. The application of centrifugal compressor in chemical production can improve the stability and safety of production, but the surge problem will be caused by the changes of gas pressure, flow, temperature and so on. When the centrifugal compressor has a surge problem, there will be great harm, which cannot ensure the efficiency of the compressor, so we should pay attention to it and deal with it well.

**Keywords:** centrifugal compressor; surge mechanism; preventive measures

### 引言

在化工生产中离心式压缩机起到了重要的作用且得到了广泛的应用,在应用后可以提升生产效率,但是离心式压缩机在应用过程中也会导致一些问题,其中喘振问题已经成为比较常见的问题,因此应采用有效的方式进行处理,从而保证离心式压缩机可以稳定运行,确保生产效率。

### 1 离心压缩机工作原理

要想保证离心式压缩机具有良好的运行效果,应先了解其工作原理,当离心式压缩机叶轮高速转动过程中离心力会利用叶轮出口处会接收到叶轮扩散器的力,然后提升压力与转动能力。当气体进入到扩散器后转动能力压力可以转变为静压能,然后再通过弯道装置、回流装置进入到下一个叶轮中完成压缩升压,最终确保气体压力可以符合生产设备运行要求,离心式压缩机内部气体的流动过程比较复杂,热力学参数、动力学参数会经过不同的通道产生变化,相同区域中个点参数也会存在差异。当在绝对坐标平面时会通过旋转叶轮产生气流,所占用的空间各点参数会产生变化<sup>[1]</sup>。

### 2 导致离心式压缩机产生喘振的机理

离心式压缩机在运行的过程中充分利用了高速转动的叶轮所产生的气体,最终形成离心力,可以将能量传递

给气体,气体运行速度加快、压力升高且可以得到动能与压力能。可以将通流截面较大的扩压元件安装到叶轮机尾部位置,此时叶轮中会产生高速气体并在扩压器中形成降速增压,企业可以从动能向压力能转变。离心式压缩机在运行过程中若出现偏离情况时,气流量减少,在进入叶轮或是扩压器流道中气流方向会发生改变。气流减少到标准以下时,会因为叶轮转动的连续性与气流运行的连续性导致边界层出现分离情况,气体会扩散到整个流道中,同时气流会沿着叶轮旋转方向进行扩散,导致叶道中出现气流旋涡,然后再通过叶轮外圆返回到叶轮内圆,形成气流旋离。当发生旋转脱离情况时叶道中的气流无法通过,此时压力也会下降,排气管中压力较大的气体会回流到压缩机中。由于倒流回级时间较短无法及时补充相应等级的气体,当叶轮恢复正常运转时回流气体会在压力作用下排出。此时流量减少且压力会下降,然后压力又会倒流到级中,此种情况不断重复,系统中就会出现周期性气体振动问题,也就是喘振问题。

### 3 离心式压缩机喘振条件、特点及危害

#### 3.1 条件

当离心式压缩机无法输出可以对下游阻力进行控制的气流时或是气流不稳定就会产生喘振问题,也就是压缩

机出口压力比下游系统压力小时,压缩机出口中的气体会反流到压缩机中。导致喘振的条件主要包括以下方面:第一,压力。当入口压力过低时出口压力会升高,工作点与喘振线距离也就越近。第二,温度。当入口温度升高时介质分子质量也会下降,工作点与喘振线距离也就越近。第三,流量。当入口流向过低时工作点与喘振线距离也就越近。第四,转速。当转速降低时,工作点与喘振线距离也就越近<sup>[2]</sup>。

### 3.2 特点

当离心式压缩机出现喘振问题时,机组与管网运行状态主要表现在以下方面:第一,当出现喘振问题时机组会在一定的周期内出现气流噪音,出现气流吼叫声。第二,机组振动较大,机体、轴承、管道中的振幅也会提升。第三,当压缩机出口压力与入口流量在一定的周期中出现较大的波动,排气量会减少。

### 3.3 危害

当出现喘振问题时会给离心式压缩机带来较大的危害,主要包括以下方面:第一,当离心式压缩机出现喘振故障时,会因为强烈的气流脉动与周期性震荡导致工期参数出现较大的波动,无法保证整体系统运行的稳定性。第二,叶轮振动幅度会增加且应力也会扩大,导致产生较大的噪音。第三,动静零件出现摩擦与碰撞时压缩机轴会出现变形问题,当情况严重时轴会出现窜动情况,导致叶轮出现损坏。第四,轴承、轴径磨损比较严重,无法保证润滑油膜运行的稳定性,轴承合金此时因疲劳产生裂缝,严重时烧毁。第五,压缩机级间密封与轴封会出现损坏问题,导致离心式压缩机工作效率下降,严重时会导致火灾或爆炸等问题。第六,无法保证与离心式压缩机连接的相关设备的运行,给工作人员操作带来影响,导致测量仪器仪表测量准确性下降或是无法工作。通常机组排气量、压缩比例、排气压力、气体密度越大喘振也就越严重,给离心式压缩机正常运行所带来的影响也就越大<sup>[3]</sup>。

## 4 导致离心式压缩机喘振的原因

第一,进气压力出现变化,当离心式压缩机机组中进气压力从 P1 将至到 P2,离心式压缩机性能曲线也会向下移动,工作点出现失稳现象,导致喘振问题。

第二,转速发生改变,当离心式压缩机机组转速从 n1 下降到 n2 时,机组运行功率会下降,排气压力也会随之下降,压缩机性能曲线向下移动,工作点运行失稳,导致喘振问题。

第三,进气温度发生改变,当离心式压缩机机组进气温度从 T1 提升到 T2 时,压缩机曲线会向下移动,工作点出现失稳现象,导致喘振问题。因此即使是同一台离心式压缩机,夏季喘振问题也比冬季常见。

第四,相对分子质量发生改变,当气体处于恒压运行情况时,相对分子质量会发生改变,当进气分子质量从

M28 下降到 M20 时,离心式压缩机曲线也会向下移动,工作点出现失稳现象,导致喘振问题,但是相对分子质量越小喘振问题也就更容易发生。

第五,离心式压缩机入口位置导叶开度越小发生喘振问题的几率也就越大。

第六,当管路性能出现改变时离心式压缩机工作点管路特性曲线与性能曲线变化交点也会出现改变,同样当管路特定曲线出现变化时工作点也会出现改变。当管路存在结垢问题时管路阻力会增加且流量会下降,管路特性曲线会变陡,压缩机工作点也会向下移动,移动到会产生喘振的区域中。

第七,在防喘振控制系统中,若防喘振阀力量较小就无法保证喘振控制系统的灵敏性,增加喘振问题发生率。

## 5 导致离心式压缩机出现喘振问题的主要原因及处理措施

### 5.1 离心式压缩机扩压器腐蚀或磨损原因及处理措施

导致离心式压缩机出现喘振的原因比较多,其中扩压器腐蚀或磨损是比较常见的原因之一,离心式压缩机机组体积相对较小,所得到的结果也相对较小,但是整体排放量较大且效率较高,同时可以有效避免润滑油污染问题,所以在化工生产中得到了广泛的应用,也得到了一定的效果,但是扩压机内部腐蚀或磨损问题没有得到有效处理,而且扩张器腐蚀与磨损问题是无法全面解决的,主要是因为离心式压缩机扩压器是重要的组成部分,给叶轮压出气体流速带来一定限制但是提升了气体压力,但是当出现腐蚀与磨损问题时高气体压力并不会发挥出作用,导致离心式压缩机出现喘振问题。因此操作时应应对离心式压缩机中的扩压器进行检修,当发现有腐蚀或磨损问题时应及时进行处理,从而有效避免扩压器腐蚀或磨损问题。

### 5.2 离心式压缩机进气温度过高故障及处理措施

导致离心式压缩机喘振故障中进气温度过高也是其中的一类原因,一般来说离心式压缩机在常态下处于一个标准大气压,当室内温度达到 25 摄氏度时应做好生产设计,但是离心式压缩机在正常运行过程中无法满足此项条件,最终导致离心式压缩机进气温度升高也给其中一些设备的功能带来一定影响,出现喘振问题。在解决这一问题时操作人员可以将离心式压缩机摆放到室内并确保室内空间具有较大的容量,同时还应保证室内高度满足操作要求,从而对排气压力进行控制,减少离心式压缩机喘振问题。

### 5.3 离心式压缩机叶轮扩压器产生缝隙及处理措施

叶轮扩压器间缝隙较小时会导致轴承出现磨损问题,同时叶轮与扩压器间也会产生碰撞,导致喘振问题。但是当叶轮与扩压器间缝隙相对较大时会出现串气问题,无法保证控制效果,最终离心式压缩机无法正常运行,也影响了离心式压缩机使用效率,因此无论是叶轮扩压器间缝隙较大或是较小均会给设备正常运行带来不利的影响,所以

在管理过程中应根据以往经验及相关要求合理处理叶轮与扩压器之间所产生的缝隙,同时严格检测叶轮与扩压器,将两者间的缝隙控制在规定的范围内,同时还应加强检修与维护工作,当零部件出现腐蚀或是磨损比较严重时应及时进行更换<sup>[4]</sup>。

#### 5.4 离心式压缩机叶轮磨损或存在附着物故障及处理措施

当叶轮表面出现杂物或是磨损现象时也会导致离心式压缩机出现喘振问题,离心式压缩机在运行过程中,叶轮在高速转动的过程中所产生的气体会为离心式压缩机提供所需要的压力与速度,从而确保离心式压缩机可以稳定运行,假如叶轮表面有杂物或是出现磨损问题等就会导致叶轮结构发生变化,无法保证叶轮旋转速度,叶轮旋转时所产生的气体无法满足压力与速度的要求,最终导致喘振问题。但是即使叶轮可以正常运行,在运行过程中磨损问题也是比较常见的,因此操作人员应及时进行检查并对损坏后腐蚀的零部件进行更换,从而确保使用效果,保证离心式压缩机可以稳定运行。

### 6 提升离心式压缩机防喘振控制效果的措施

#### 6.1 从源头控制喘振问题

要想保证离心式压缩机可以稳定运行应充分做好防喘振故障控制工作,首先操作人员应做好预防工作并从源头做好喘振故障控制工作,确保离心式压缩机可以稳定运行并发挥出在化工生产中的作用,提升生产效率。在控制离心式压缩机喘振问题时充分结合机组特点,从而使喘振控制工作更加准确,从而减少离心式压缩机喘振问题的发生率。例如,可以使用可转动进口导叶进行调节,此时进入到叶轮中的气体可以提前转动并可以将叶轮转动角度进行优化,从而将离心式压缩机运行曲线的运行方向进行改变,有效预防离心式压缩机喘振问题。

#### 6.2 采用固定极限流量法

离心式压缩机在运行过程中若操作人员操作不当就无法保证供气量满足要求,当工作人员的使用量较少时就会导致离心式压缩机供气量出现偏差,当供气量下降到喘振故障发生最小气量时,就会导致喘振问题的发生,此时可以采用固定极限流量法,此种方法中充分利用了喘振发生过程中所产生的总气量进行控制,从而将供气量控制在规定的范围内。一般来说,在应用固定极限流量法时应注意以下方面:第一,可以应用放空防喘振阀,将一定量的气体进行排放,确保离心式压缩机的进气量可以在喘振气量规定的范围内。第二,分离压缩机与供气系统,使供气系统可以独立运行,减少压缩机会因供气情况给系统带来不利的影响,但是此种控制方式在应用时对专业性要求较高,但是所起到的预防效果并不是很好,但是同时也给离心

心式压缩机运行效率带来不利的影响,工作人员可以采用固定体流量法预防喘振问题。

#### 6.3 采用可变极限流量法

此种方法与固定极限流量法有相似之处,但是在本质上又存在一定的区别,可变极限流量法操作性能更强,可以更好的满足气量需求量,当离心式压缩机出现负荷波动问题时,操作人员可以对叶轮转速进行调节并减少能量使用量。当转速不同时喘振发生数值也无法得到良好的控制,当转速较低时喘振曲线就会向左侧偏移,喘振流量越小在进行喘振防治过程中所使用的能量也会减少,可以将其控制在合理的范围内;但是将曲线数值向右上侧进行调整可以从新获得防喘振曲线,实现对防喘振阀门的有效控制。

#### 6.4 充分做好离心式压缩机机组检修

离心式压缩机机组检修工作较多但是整体检修时间却较短,同时对检修工作的准确性有着较高的要求,因此应组建一支专业水平高的检修团队。为了进一步提升离心式压缩机机组检修质量应采用实时监控方式对运行系统进行检查。在工程中进行故障判断与检修过程中应先确定零件安装位置是否满足要求,同时还应根据生产厂家所提供的技术要求与规章将人为所导致的故障进行排除。还有一部分机组所产生的故障存在较大的差别,同时存在多设备同时发生故障的情况,因此为了更好的处理这些问题,检修人员应全面了解故障情况、导致喘振的原因等,从而提升检修效果与水平,确保离心式压缩机可以稳定运行<sup>[5]</sup>。

### 7 结语

通过以上分析可知,当离心式压缩机出现喘振问题时会给设备运行及企业生产带来非常不利的影响。因此应积极处理喘振问题,并找到引起喘振故障的原因,制定相应的处理措施,同时应做好离心式压缩机运行实时监控工作,及时发现问题并处理问题,从而确保离心式压缩机可以稳定运行,促进化工企业发展。

#### [参考文献]

- [1]沈立鹏.离心式压缩机防喘振控制及故障诊断系统研究与应用[J].清洗世界,2022,38(3):3-5.
  - [2]王磊.离心式压缩机防喘振控制[J].聚氯乙烯,2022,50(3):25-27.
  - [3]张崇高.离心式压缩机喘振分析及消除喘振的方法[J].石化技术,2022,29(1):40-41.
  - [4]姜丽霞.离心式压缩机的防喘振控制设计探讨[J].山东化工,2022,51(2):161-162.
  - [5]王红柱,陈拥军.离心式压缩机振动的原因与处理措施[J].化工设计通讯,2021,47(12):73-75.
- 作者简介:聂其胜(1988-)男,重庆大学,机械制造及其自动化,就职于福建福海创石油化工有限公司。