

# 仪用空压机喘振原因分析及解决方案

柳扣林,路景春

(江苏国信扬州发电有限责任公司,江苏扬州 225131)

**摘要:**简要介绍了空压机喘振形成的机理,分析产生空压机喘振的几种原因,并针对上述原因提出相应的解决方案和预防措施。结合某公司一期1台仪用空压机易出现喘振的现象,给出了仪用空压机运行优化的建议。

**关键词:**空压机;喘振;预防;控制

**中图分类号:**TH45

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2013)05-0079-03

某公司一期仪用空压机共有4台,均为美国英格索兰公司生产的1CV14MX2型双级离心式空压机,主要供应一期主厂房各气动门的动力气源。一期空压机运行方式为2台运行,2台备用,恒压控制模式,即由各台空压机通过进口调节阀的开度调节自动跟踪系统用气量。多台空压机同时运行时,系统流量如何分配、压力变化如何协调是控制难点,空压机并列运行时如果负荷分配不当,单台空压机的流量过小时容易引起空压机的喘振,一方面影响空压机设备的安全运行,另一方面也会影响整台机组的安全运行。在实际运行过程中,仪用空压机D有时出现易喘振的现象,仪用空压机A、B、C出口显示压力均在724~730 kPa之间,而空压机D仅为705 kPa。文中对空压机喘振的原因及解决方案进行分析,并对空压机优化运行提出改进建议。

## 1 空压机喘振形成的机理

喘振是离心式空压机的固有特性,系统气体压力大于空压机出口压力时,空压机出口的止回阀关闭,空压机没有输出,空气在空压机内部聚集,空压机出口压力不断增加,直到出口压力大于系统压力时,顶开止回阀;若止回阀顶开后,空压机没有足够流量的气体连续输出,空压机出口压力再次下降,止回阀再次关闭,如此反复,导致空压机输出的压力和电机电流剧烈波动,止回阀频繁动作,机器发生“砰砰”的声音,这种现象就是空压机喘振。喘振时不仅会影响管网压力的波动,严重时甚至会造成空压机的损坏。

## 2 空压机喘振故障分析

### 2.1 空压机的自然喘振

离心空心机进口压力恒定时流量压力特性如图1所示,当空压机出口压力增大到一定值时,空压机运行点就移至喘振线的左侧,在此工况运行下,由于空压机的运行压力已超过该空压机可以压缩的最大

值,空压机就会发生喘振,该种喘振称为自然喘振。在运行过程中设定空压机的出口压力(排气压力)小于标定压力(自然喘振压力)就可以避免空压机的喘振<sup>[1]</sup>。



图1 离心空心机进口压力恒定时流量压力特性曲线

### 2.2 空压机的节流喘振

离心空心机进口压力变化时流量压力特性如图2所示,当空压机入口门全开时,可忽略进口门节流损失,因而空压机进口压力不随流量而变化,可以将空压机进口压力视作一个大气压。随着进口门的开度变小,进口门的前后压差将会变大,进入空压机的进口压力逐渐下降,因而空压机的实际出口压力也将下降,对应的空压机的出口压力与流量曲线将左移,从而使空压机的运行实际工况点也逐渐往左移。随着空压机进口门关至一定的开度,最终移至喘振区,从而发生喘振,这种喘振就叫空压机节流喘振,又称为最小电流喘振。

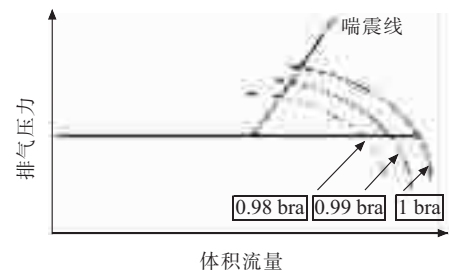


图2 离心空心机进口压力变化时流量压力特性曲线

设置空压机的最小电流,即在空压机所需的气量减少到最低电流所对应的进口门开度时,空压机进口门将不再关小,而是通过旁路门调节管道系统的供气量,维持空压机的电流不再降低,这样通过空压机叶轮的气量就不会减少,从而避免了空压机节流喘振的发生。为了保证空压机节流喘振有一定裕量,目前该公司

一期空压机的最小电流设置为 53 A。

### 2.3 空压机喘振的几种原因

空压机的自然喘振及节流喘振是任何一台空压机都存在的固有特性,一般可以通过对空压机运行参数的设定来避免喘振的发生。空压机喘振的真实原因是因为进入空压机的气量不足导致系统压力大于空压机出口压力,现分析如下。

(1) 空压机进口滤网压差高。空气中的灰尘堵塞空压机进口滤网,一方面空压机进气量减少,引起空压机输出压力不足,形成喘振故障,同时滤网压差升高,造成空压机进口压力下降,使得空压机的流量特性曲线左移,增加喘振的机率。该公司一期仪用空压机说明书规定了空压机进口滤网压差应小于 2.1 kPa。

(2) 空压机进口空气温度变化如图 3 所示,随着空压机进口温度上升,空压机流量特性曲线就往左平移,这样空压机的特性曲线就易接近喘振区,也就越易产生喘振现象。主要原因是随着气温的上升,空气的密度减小,同样的空气体积气量,空压机实际压缩的空气流量减少,导致空压机输出压力不足,形成喘振现象。实际使用过程中,夏季比冬季更容易发生喘振现象。

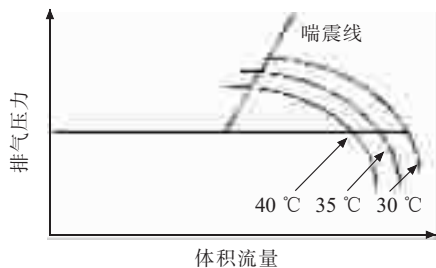


图 3 空压机进口温度变化的流量特性曲线

(3) 空气冷却器变脏。经过空压机压缩后的空气不但压力升高,而且温度也增加很多,该公司一、二级空压机出口气温在未进入冷却器内冷却时能达到 90℃ 以上,因此在空压机的一、二级筒体内均设置 1 只冷却器和水气分离器,通过冷却器将高温气体冷却至 48℃ 以下,同时水气分离器将气体中的水分进一步冷凝,通过疏水器将冷凝的水疏掉。空压机进口滤网虽能够阻挡较大颗粒的灰尘,但空气中仍有许多细小灰尘及空压机本身磨损产生的微粒很容易粘附在冷却器和水气分离器内,造成冷却器和水气分离器部分堵塞,导致空气流量减少,空压机输出压力不足,形成喘振现象;同时由于冷却器堵塞,影响了冷却器的换热效果,因而又会增加空压机抽吸空气的温度,特别是一级冷却器堵塞,易使空压机抽气量不足,形成喘振现象。

(4) 空压机叶轮及扩压器磨损。一般情况下,空压机的压力提高 70% 由叶轮完成,30% 由扩压器完成。因此当空压机叶轮及扩压器发生磨损,就会改变其特性,使得叶轮与扩压器配合的流量角或压力角发生变

化,流量角变化主要影响空压机的的气体流量,造成气体流量减少,压力角变化主要影响空压机的出力,导致空压机的输出压力降低,从而容易形成喘振。

(5) 空压机的进口门、旁路门故障。一旦空压机的进口门或旁路门存在卡涩现象,调节不灵,在系统压力变化时,将会直接导致该空压机发生喘振现象。

### 3 喘振故障的控制和预防

(1) 及时巡检空压机的进口滤网的压差,当压差达到设定值时就应停运空压机,更换新滤网,防止空压机进口滤网压差变大。

(2) 由于空气入口温度是随着环境温度变化而变化的,该空压机的进口温度设计为 23.5℃,实际上夏季时空压机的进口温度经常高于 23.5℃,但由于在设定空压机的节流喘振及自然喘振的参数时均有一定的裕量,因而在夏季运行时,空压机一般不会由于进口温度的升高而引起喘振,若确认是由于空气的入口温度偏高造成空压机的喘振,只有通过降低空压机的出口设定压力来控制喘振的发生。

(3) 定期对空压机冷却器进行清理,用专用的清洗剂对冷却器进行 20 h 浸泡,再进行冲洗。若效果仍不理想,则需更换新的冷却器,彻底解决空压机冷却器脏污而导致空压机出力下降及发生喘振的问题。

(4) 一般情况下,叶轮被磨损的情况较少,扩压器较易腐蚀磨损,因此要定期解体检查扩压器。扩压器磨损较重时,需及时换新。

(5) 空压机的进口门、旁路门动作不灵活,一般情况下主要是由于阀门卡涩造成,可通过停运空压机解体检修阀门,使阀门能够开关灵活,必要时更换新的阀门。还有一种特殊情况,由于系统控制软件的缺陷,造成调节空压机阀门灵敏度不够,也会造成空压机的喘振,这种情况下只有通过对控制软件升级来提高调节阀门的反应速度,从而避免由于阀门调节故障而引起的喘振。

### 4 仪用空压机运行优化的建议

目前该公司一期仪用空压机采用并联方式运行,在运行过程中,仪用空压机 D 有时出现易喘振的现象,主要是 2 台空压机的负荷分配不均所致。当系统用气量减少时,仪用空压机 D 先通过进口调节负荷;当进口门关至最低电流时,进一步调节需打开旁路门,若空压机旁路门调节不及时,会出现空压机叶轮中流量过低喘振的现象。另外由于空压机 D 与其他 3 台空压机使用的控制软件系列有偏差,造成空压机 D 的显示压力与另外 3 台空压机相差较大,目前仪用空压机 A、B、C 出口显示压力均在 724~730 kPa 之间,而空压

机 D 仅有 705 kPa, 这种情况下, 一旦参与运行, 空压机 D 就会带至最高电流运行, 当系统用户减少, 压力升高时, 空压机 D 就会关进口门、开旁路门。目前主要的问题是旁路门开启速度偏慢, 从而引起该空压机的喘振, 而又未发现解体阀门有任何异常, 分析应为控制软件老化, 需升级改造。

根据公司实际运行情况, 1 台空压机满载气量不够, 2 台空压机嫌多, 因此在空压机 D 控制软件未升级的情况下, 尽量减少空压机 D 的调节, 将空压机 D 的设定压力比另外 3 台空压机高约 25 kPa, 让其始终带满载, 从而减少空压机 D 的喘振机率。从调整效果看, 仪用空压机 D 喘振情况有所好转。

若要完全解决仪用空压机 D 的喘振问题, 需将空压机 D 控制系统软件升级成 AMB 控制, 该控制软件的优点可以使其根据系统压力变化计算分析, 其旁路阀与进口阀能够同时调节到某一开度, 缩短调节时间, 减少喘振机会。空压机 D 在感受到系统压力变化时, 可迅速调节阀门, 从而避免喘振。

公司一期仪用空压机使用单台空压机进行控制,

为减少喘振, 提高了各台空压机马达电流低限值, 电流调整后虽然解决了空压机的喘振问题, 但是增加了厂用电, 提高了成本。因此为进一步均衡分配 4 台空压机的带载能力, 建议一期 4 台空压机安装负荷分配 (ASC) 集中控制系统, 通过安装该系统可实现 4 台空压机联合控制, 根据系统压力自动实现空压机的启动、加载、卸载、停机功能; 自动实现运行空压机的负荷均分。还可对空压机的运行数据实行实时监控, 并记录所有运行数据曲线。这样既可节省厂用电, 又能延长马达及空压机的寿命。

#### 参考文献:

- [1] 常鑫, 傅行军. 某 600 MW 汽轮机发电机组振动故障分析与处理[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(6): 13-16.

#### 作者简介:

柳扣林(1968), 男, 江苏泰州人, 高级工程师, 从事火电厂运行管理工作;

路景春(1970), 男, 江苏扬州人, 工程师, 从事发电厂汽机技术监督管理工作。

## Failure Analysis on Surge Phenomena of Instrument Air Compressor and Solution Measures

LIU Kou-lin, LU Jing-chun

(Jiangsu Guoxin Yangzhou Power Generation Co. Ltd., Yangzhou 225131)

**Abstract:** In this paper, formation mechanism of surge phenomena occurred in air compressors is briefly introduced. The related reasons are analyzed, and the solution methods as well as preventive measures are subsequently proposed. Through analyzing the surge phenomena encountered by one instrument air compressor, this work also propose several optimization suggestions for the operation of instrument air compressors.

**Key words:** air compressor; surge; prevention; control

(上接第 78 页)

## Improvement of Hydrogen Dryer Installed on One Generator of 330 MW Power Unit

QIAN Yi

(Nantong Tianshenggang Power Generation Co. Ltd., Nantong 226003, China)

**Abstract:** The low cooling performance of the hydrogen dryer and the substandard temperature of the outlet hydrogen are analyzed in this work. The structure and operating principle of the hydrogen dryer are firstly introduced, and then through deeply analyzing the operating condition and the fault, some detailed optimization measures are proposed. The proposed measures are proved to be reasonable and effective by the experimental data.

**Key words:** steam power unit; hydrogen dryer; refrigeration compressor; thermodynamic expansion valve

## 核电站对环境有什么影响

核电站的动力是利用铀-235 或-239 的核, 在中子轰击下发生裂变, 同时释放出核能, 将水加热成蒸气, 驱动汽轮发电机组, 发出电力。核裂变反应的反应堆就是核电站的“锅炉”。

用核燃料代替煤或石油等化石燃料, 免去了火力发电大量用煤和用油的运输问题, 无空气污染, 无漏油问题, 发电成本低于火电厂。核电站对环境的影响主要是有可能溢出放射性气体及核废料的处置较困难。当前, 世界各国大都采取浅部临时掩埋处理核废料的措施, 但到现在为止, 没有任何国家找到安全、永久处理高放射, 胜核废料的办法。