

无油喷水工艺螺杆压缩机内容积比 对性能的影响

何波*

(中国石油吐哈油田分公司吐鲁番采油厂,新疆鄯善838202)

摘要:通过对2台整体撬装的无油喷水工艺螺杆压缩机组的空气试验,测量了不同内容积比下电机的功耗和压缩机入口流量,并对得到的数据进行分析,为无油喷水工艺螺杆压缩机的选型起到指导作用。

关键词:工艺螺杆压缩机;内容积比;性能影响

中图分类号:TH45;TQ051.3

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)09-0143-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2015.09.035

Influence of inner volume ratio on the performance of fluid-injected process screw compressor

HE Bo*

(Turpan Oil Production Plant of Tuha Oilfield Company in China Petroleum, Shanshan 838202, China)

Abstract: The air test for two fluid-injected process screw compressor units is performed. The influence of inner volume ratio on the motor power consumption and compressor inlet flow is studied. The result can provide the guidance function for the selection of the fluid-injected screw compressor.

Key words: process screw compressor; inner volume ratio; performance

内容积比是螺杆压缩机的一个重要几何特性,是固定不变的压缩机结构参数^[1],取决于压缩机本身吸、排气孔口的位置,也能对压缩机的性能产生很大的影响。因此,一般将内容积比作为压缩机的基本设计参数。内容积比的确定是压缩机选型和设计的关键,与实际工况有着非常密切的联系。本文中将通过试验的方法,来说明不同内容积比对无油喷水螺杆压缩机性能的影响。

1 无油喷水工艺螺杆压缩机

螺杆压缩机按照运行方式的不同,可以分为无油螺杆压缩机和喷油螺杆压缩机。在无油螺杆压缩机中,气体在压缩时不与润滑油接触,压缩机的转子不直接接触,相互间存在一定的间隙,两者通过同步齿轮传动。无油螺杆压缩机又可以分为喷水螺杆压缩机和干式螺杆压缩机。干式螺杆压缩机在压缩过程中没有液体冷却和润滑,因此排气温度相对较高,单级压比小。为了降低干式螺杆压缩机的排气温度,提高单级排气压力,引入了向压缩腔喷水的无油螺杆压缩机。喷水的引入具有以下优点:①可以大大降低压缩机的排气温度;②可以压缩多种类型的气体,如氢气、氦气、二氧化碳、天然气、苯乙烯尾气、火炬气等易燃、易爆、易聚合气体和含尘气体;③可以大大降低压缩机的噪音;④可以气液混输,进口带

少量的液体也可压缩。

2 内容积比的设计

内容积比是螺杆压缩机的一个重要几何特性,是固定不变的压缩机结构参数。由于压缩机所能实现的内容积比是定值,因此一定工况下内压缩終了工作腔内的压力 p_i 也为定值,称为内压缩終了压力。内压缩終了压力 p_i 与吸气压力 p_s 的比值 ε_i 称为“内压比”,排气背压 p_d 与吸气压力 p_s 的比值 ε_d 称为“外压比”^[2]。

实际使用工况下,内压缩終了压力与排气压力可能不相等。当 $p_i < p_d$ 时,齿间容积与排气孔口连通的瞬时,排气孔口中的气体将向齿间容积中回窜,形成瞬时压缩,使其中的压力从 p_i 突然上升至 p_d ,然后再随着齿间容积的不断缩小排出,该过程称为“欠压缩”,如图1。

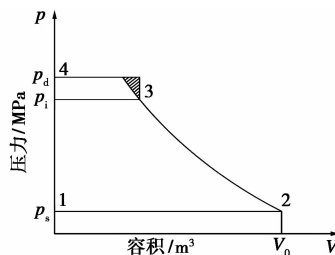


图1 内压比小于外压比

当 $p_i > p_d$ 时,齿间容积与排气孔口连通的瞬时,齿间容积中的气体会迅速流入排气孔口中,齿间容积中的气体压力突然降至 p_d ,然后再随着齿间容积的继续缩小排出气体,该过程称为“过压缩”,如图 2。

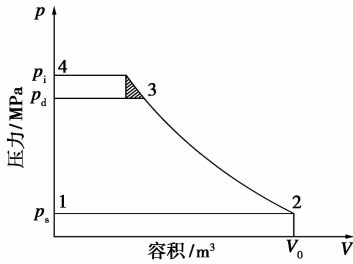


图 2 内压比大于外压比

当螺杆式压缩机的运行压比与设计压比不一致时,压缩机的内压比和外压比可能不相等,出现过压缩或欠压缩,产生附加能量损失,使压缩机耗功增大,影响压缩机效率。为了避免内外压比不一致时产生附加损失,内容积比计算式为:

$$\varepsilon_v = (\varepsilon_d)^{1/k}$$

式中, ε_v 为内容积比; ε_d 为压比; k 为多变指数。

无油喷水工艺螺杆压缩机常用在工艺场合,其压缩的介质并不是同一种气体,成分比较复杂,因此通常用内容积比作为设计参数,区分无油喷水螺杆压缩机。无油喷水螺杆压缩机的内容积比一般有 1.5、2.5、3.5、4.5 4 个系列^[3]。在螺杆式压缩机中,通过调节内容积比设计值获得所需的内压力比,可使螺杆式压缩机高效、经济运行。

螺杆压缩机的实际工作过程中,齿间容积内的气体要通过间隙发生泄漏,气体流经吸、排气孔口时,会产生压力损失,被压缩气体要与外界发生热交换等。这些都会影响内容积比的设计与确定。内容积比对压缩机的能耗、性能有什么样的影响,下面将通过具体的试验来说明。

3 试验流程简介

该试验是对不同内容积比的压缩机进行空气试

验,通过测量压缩机的流量、功率,得到相关的数据,对其处理,来分析内容积比对压缩机能耗、性能的具体影响。

试验将压缩机与电机、气液系统安装在一个撬块底座上,在压缩机试验台架上进行试验。机组系统上设有 PLC 控制,将其与水、电及试验台数据采集与分析系统连接,即可对压缩机组系统进行数据采集,流程如图 3。

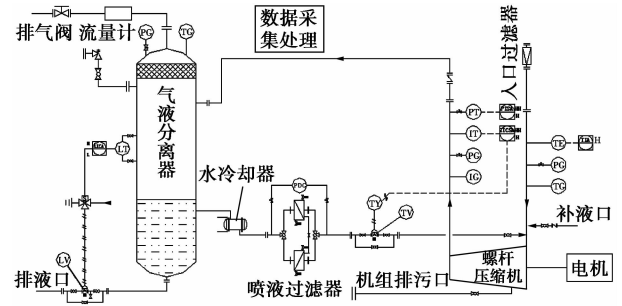


图 3 试验流程图

空气经过入口过滤器进入压缩机,经压缩机压缩后进入气液分离器,分离出来的水经水冷却器冷却和喷雾过滤器过滤后,喷入压缩机压缩腔内,根据排气温度来控制喷水量。分离后的气体经过流量计排出,通过控制排气阀来控制排气压力。该试验仅进行简单的测量,主要通过对 2 种不同内容积比的压缩机进行试验,来比较内容积比对压缩机功耗和性能的影响。

试验步骤:

- (1) 试验前对所试验系统中的连接管路、设备接口、阀门状态、电器仪表接线等全部设备做严格检查,保证系统安全可靠。
- (2) 启动压缩机,同时打开进口补液阀,等分离器液位达到一定的高度,喷雾循环系统开始工作后,关闭补液阀。
- (3) 空载运行正常后,进行升压试验。先逐渐关小排气阀,使排气压力升高。先从 0 MPa 升至 0.1 MPa,以后再将排压逐渐升高。
- (4) 当压力升至 0.2 MPa 时,开始记录其稳定

(上接第 142 页)

[10] He T B, Ju Y L. A novel process for small-scale pipeline natural gas liquefaction[J]. Applied Energy, 2014, 115: 17 - 24.
 [11] In-Hwan Choi, Sangick Lee, Yutaek Seo, et al. Analysis and optimization of cascade Rankine cycle for liquefied natural gas cold energy recovery[J]. Energy, 2013(61): 179 - 195.

[12] 李秋英, 巨永林. 海上油田伴生气液化流程设计及焓分析[J]. 上海市制冷学会, 2009: 26 - 29.
 [13] Ho-Myung Chang, Myung Jin Chung, Sanggyu Lee, et al. An efficient multi-stage Brayton-JT cycle for liquefaction of natural gas [J]. Cryogenics, 2011(51): 278 - 286.
 [14] 顾安忠. 液化天然气技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 83. ■

状态下的压缩机流量和电机功率。

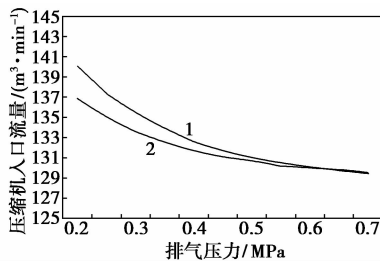
(5)以后压力每变化 0.05 MPa,应让机组系统稳定运行 5 min 以上,记录下稳定状态下的机组流量和功率。

(6)分别对 2 台不同内容积比的压缩机进行试验记录。

该试验的数据由试验台数据采集系统计算机自动测量和记录。

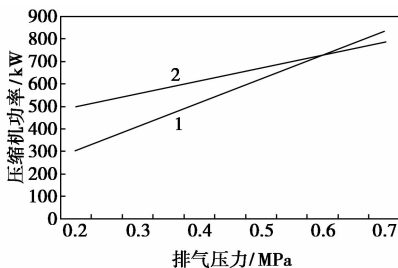
4 试验数据的处理结果和数据分析

分别对内容积比为 2.5 和 4.5 的 2 台压缩机进行了试验,分别测量了不同排气压力下的流量和功率,具体的数据如图 4、图 5。



内压比:1—2.5;2—4.5

图 4 不同排气压力下压缩机入口流量



内压比:1—2.5;2—4.5

图 5 不同排气压力下机组电机功率

根据上面的试验结果数据图 4 和图 5 进行分析,得到以下的结论。

(1)当排气压力较低时,外压比较低,内容积比为 4.5 的压缩机内外压比相差较大,存在严重的过压缩现象,压缩机泄漏量大,因此内容积比为 4.5 的压缩机流量较小。

(2)当排气压力逐渐升高时,外压比增大,压缩机内外压比逐渐接近,入口流量变化逐渐接近。

(3)在排气压力较低时,外压比较小,内容积比为 4.5 的压缩机内外压比相差较大,存在严重的过压缩现象,压缩机功耗较大;而内容积比为 2.5 的压

缩机,内外压比相差较小,压缩机功耗小。

(4)在排气压力逐渐升高时,外压比逐渐增大,内容积比为 4.5 的压缩机内外压比相差逐渐减小,而内容积比为 2.5 的压缩机,内外压比相差逐渐变大,因此内容积比为 2.5 的压缩机功耗大于内容积比为 4.5 的压缩机。

通过以上的试验以及数据分析,可以看出,压缩机的内容积比直接影响着压缩机的功耗,内外压比相差太大、太小,都会造成压缩机耗能的增加。因此设计合理的内容积比,对提高压缩机的效率,降低能耗就显得尤为重要。

5 结语

通过试验对比,分析了无油喷水工艺螺杆压缩机的内容积比对其性能的影响。根据试验的数据分析,说明了内容积比对压缩机功耗的具体影响,内外压比相差太大、太小,都会造成压缩机耗能的增加。分析了具体的原因,为无油喷水工艺螺杆压缩机的选型设计提供了思路。在设计压缩机内容积比时,尽量将内容积比设计得比理论值小一些,这样能够增大排气孔口的开孔面积,减少排气孔口的阻力损失;设计较小的内容积比,虽然引入了一定的欠压缩,但是由于排气孔口提前,大幅度降低了排气开始阶段的工作腔压力,总体上对压缩的效率提高是有利的。

对于不同工况、结构形式的螺杆压缩机,将内容积比设计成多少,与压缩机的排气孔口结构与开设方式、压缩机转速、压缩机介质特性、制造水平、压缩机实际使用条件等多种因素有关。但总体上来讲,应设计得比按照“外压比”计算的理论值小一些,且转速越高越小,尤其是用于工况波动的无油喷水螺杆压缩机^[4]。

参考文献

- [1] 邢子文. 螺杆压缩机理论、设计及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2000:76-90.
- [2] 郁永章. 容积式压缩机技术手册[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [3] 蔡宏,范年宝. 工艺用无油螺杆压缩机的结构域设计[J]. 流体机械,2011,39(10):596-600.
- [4] 郁永章,姜培正,孙嗣莹. 压缩机工程手册[M]. 北京:中国石化出版社,2010:515-517. ■