

DPC-2803 往复式天然气压缩机的软件模拟分析

Software Simulation Analysis of DPC-2803 Reciprocating Piston Natural Gas Compressor

王善军 程士坚 骆明 袁明 栾健

Shanjun Wang Shijian Cheng Ming Luo Ming Yuan Jian Luan

新疆油田公司采气一厂 中国·新疆 克拉玛依 834000

No. 1 Gas Production Plant of Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

摘要: 从 DPC-2803 往复式天然气压缩机结构原理和压缩机电算软件的分析进、排气压力、转速等工况数据分析了曲轴的反向角、活塞杆载荷等影响压缩机长期运行的不可见参数。将压缩机工作循环数据化、图像化,对于压缩机长期操作维护等工作具有指导意义。

Abstract: Based on the structure principle of DPC-2803 reciprocating piston natural gas compressor and the data of inlet and exhaust pressure, rotational speed and other working conditions analyzed by compressor computer software, the invisible parameters affecting the long-term operation of the compressor, such as the reverse angle of crankshaft and the load of piston rod, are analyzed. The working cycle of the compressor is digitized and graphically, which is of guiding significance to the long-term operation and maintenance of the compressor.

关键词: 压缩机; 软件模拟; 工况分析

Keywords: compressor; software simulation; working condition analysis

DOI: 10.12346/etr.v3i8.4060

1 引言

压缩机是一种进行气体增压及输送的流体机械,被广泛应用于油气田生产、天然气管道增压集输、化工生产物料输送等环节,目前已在国民经济特别是天然气开采、集输行业取得了广泛的应用。其中,油气田生产常用的压缩机类型主要为往复式压缩机,由于活塞式压缩机具有“适用压力范围广、适用介质种类多、热效率高”的优点,适用于气田处理站增压工艺。

2 结构原理

DPC-2803 往复式天然气压缩机采用一体式布局,这样设计具有结构紧凑、易于安装布置等优点。中间的机身为曲轴箱部分,是本机最核心的传动组件,它的功能是将动力端的发动机活塞往复运动量通过曲轴传递至压缩端。其采用并列式二级压缩缸布置,压缩缸体上均安装有两组气阀,

分别位于上下两侧,在缸头段还设置有余隙调节装置。动力端部分在压缩过程中,缸内压力上升,燃料气阀打开进气,缸头端对混合气进行压缩,活塞后端则将空气从上方的空气进气阀吸入至活塞后端的扫气室,火花塞放电产生火花点燃缸头中的混合气,气体燃烧膨胀使发动机进入做功冲程,该过程中活塞对扫气室内空气进行压缩,空气压力升高,使得空气进气阀关闭。当活塞继续后退运动至缸壁开口位置时,将缸头内的废气吹出,同时完成排气的过程^[1]。

3 模拟理论基础

通过 DPC-2803 压缩机的结构原理简述可以看出,牵涉诸如机械工程学、热力学、材料力学、可压缩流体力学等多个学科。具有代表性的是美国天然气学会(AGA)着手建立的有关高精度超压缩因子和天然气其他特征参数的一种算法——AGA-8。但是 AGA-8 提供的分析方法较为烦琐,

【作者简介】王善军(1970-),男,中国山东鱼台人,高级技师,从事设备工艺研究。

仅状态方程参数(修正项)就有10组。因此AGA-8的计算工作多由程序执行,在用此方法进行分析前需要现场提供严谨的天然气化验报告。对于大型压缩机而言,为了解决压缩机活塞杆载荷的相关工程问题,我们需要对压缩机内部运动部件进行受力分析。如图1所示,当曲轴处于任意转角时,气体力 F_g 、往复惯性力 I 和往复摩擦力 F_r 合成的综合活塞力 F_p , F_p 先作用在十字头销上,然后沿连杆传递下去。

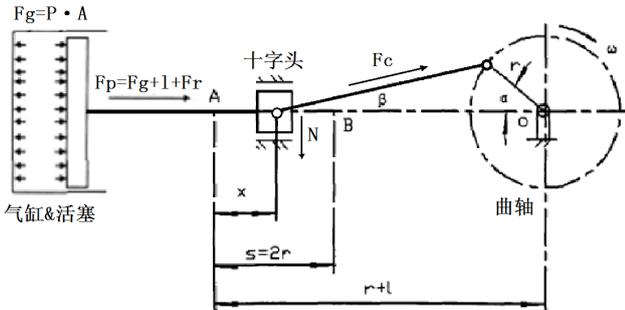


图1 压缩机运动组件受力综合分析图

由于连杆是摆动的,设它和气缸轴线之间的夹角为 β ,设曲轴当前转动的相位角为 α ,则传递到连杆上的作用力(连杆力) F_c 为 $F_c = \frac{F_p}{\cos\beta}$,同时,当连杆与轴线成 α 夹角时,十字头也产生了一个垂直方向的分力 N ,即对十字头滑道的压力,其大小为 $N = F_p \tan\beta$ 。以受力分解的分析方法可以得到 F_c 和 N 是 F_p 的两个分力。我们可以将往复摩擦力 F_r 视为大小恒定的力,但方向随活塞和十字头运动方向改变而改变^[2]。

4 利用载荷图模拟

通过原理分析电算模拟,首先定义活塞杆受到拉伸力时载荷为正值,活塞杆受到压力时载荷为负。通过改变进气压力的大小,曲线的最大值发生了改变,当进气压力为72.5psi时,动力端功率仅为455BHP(332.15KW),此时的平均处理气量为4.04MMscfd(11.328万方/天);当进气压力取145psi时,动力端功率达到了601.6BHP(439.167KW),平均处理气量为7.73MMscfd(21.891万方/天)。可见,进气压力越大意味着压缩机处理量越大,载荷值也随之增加,因此影响压缩机能耗与负载的最主要因素是进气压力的大小。

显示结果还表明,改变进气压力对反向角的影响较小。通过读取模拟数据可以发现当进气压力取最小时,使综合活塞力反向的转角为 $221^\circ \sim 35^\circ$,曲轴共转过 174° ,即该工况下的反向角为 174° ;进气压力取最大时,反向转角范围为 $223^\circ \sim 37^\circ$,反向角同样是 174° 。所以在实际工况区间内进气压力的改变不会影响反向角的大小,只会使反向角出

现的区间向右平移,这一点对于设备运行也没有太大影响。

针对目前气田低压井口来气的处理工艺的设计,首先需要考虑的问题是工况范围的选择和配套压缩机的选型。一般进气压力受井口来气控制,最好在0.5~1MPa,若进口来气更高(2~3MPa)而站内压力要求不变(4MPa左右)时,建议采用缸径更小的多缸并联活塞式压缩机,以在降低单缸承受的载荷的同时增大处理量,保证压缩机满足处理站的需求。而当井口压力不变需要提高站内压力时,应考虑采用三级压缩缸的串联活塞式压缩机,以提高排气压力 P_d 。需要注意的是,DPC系列压缩机的单级压比 ε_i 最好控制在2.8~3.2。

根据电算软件模拟结果很大程度上佐证了一级压缩缸余隙调节装置对于流量这一重要工况参数的影响情况;从功率分布曲线也能得到类似的结果,即改变一级调节量的影响占主导因素。此外,多级压缩机消耗功率和各级压比分配情况有关。当按比例改变多级压缩机所有级的余隙容积时,排气量随之改变,但各级压比不变,故总的功率将随排气量成比例地变化,比功率不变。倘若仅改变某级的余隙容积,将引起压比重新分配(仅使一级压比降低则二级压比就会升高),由此导致功率的改变。随着余隙开度增加,流量、消耗功率等显著下降,比功率也逐渐下降,这意味着若井口来气的量下降时,可以将余隙开度调至相应大小,以更加节能的工况运行。在调节时需注意一、二级压比变化,尽量按比例均匀调节两级的余隙,目的是防止由二级压比过高导致的缸温上升,空冷器负荷过大的问题^[3]。

5 结语

通过论述与分析,梳理出了主要的影响因素和可控变量。现在对压缩机的智能控制的方法已经比较成熟,如变频技术、可调回流比、顶开吸气阀流量调节等,其节能效果十分明显,因此气田压缩机设备的自动化建设是接下来的一大发展方向。

参考文献

- [1] 赵国山,仇性启,宋世伟.活塞式压缩机节能研究概述[J].通用机械,2006(11):72-76.
- [2] 李新,王立辉.天然气往复压缩机反向角的理论分析及实例[J].压缩机技术,2008(2):21-24.
- [3] 韩绿霞,宋怀俊,雒廷亮.活塞式压缩机动力计算方法的研究[J].煤矿机械,2005(12):38-40.