

浅析天然气压缩机发生气流脉动消减的原因

林焕明 李清亮 吴振宙 廖志文 刘志富

(国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司广东输气分公司, 广东 广州 510665)

摘要: 随着我国科学技术水平的快速发展, 油田在开采过程中逐渐应用了新的工艺和设备, 其中天然气压缩机的应用最为普遍, 且发挥着非常重要的作用, 然而天然气压缩机在工作过程中脉动气流会发生明显变化, 而导致管线发生振动, 从而引起设备出现故障, 因此必须要做好相应的天然气压缩机气流脉动消减研究, 才能够有效延长生产设备的使用寿命, 通过分析管道振动的原因, 对气流压力脉动进行相应的计算, 并提出气流压力脉动的消减措施, 提高天然气压缩机的应用有着非常重要的意义。

关键词: 天然气压缩机; 气流脉动; 消减

Abstract: with the rapid development of China's scientific and technological level, new processes and equipment are gradually applied in the production process of oil fields. Among them, the application of natural gas compressor is the most common and plays a very important role. However, the pulsating gas flow of natural gas compressor will change significantly during the working process, resulting in pipeline vibration and equipment failure, Therefore, we must do a good job in the research on the reduction of gas flow pulsation of natural gas compressor, so as to effectively prolong the service life of production equipment. By analyzing the causes of pipeline vibration, we can calculate the gas flow pressure pulsation, and put forward the reduction measures of gas flow pressure pulsation, which is of great significance to improve the application of natural gas compressor.

Key words: natural gas compressor; Air flow pulsation; Abatement

天然气压缩机在石油开采过程中发挥着非常重要的作用, 然而天然气压缩机因为在工作过程中会不断进行排气和吸气工作, 导致位置和时间发生明显变化, 气流参数也会出现变化, 在脉动气流从管道处输送过程中, 在相关设备元件的影响下, 会形成激振力, 压缩机管线所产生的振动会导致管路以及所属设备连接位置出现松动, 长期下去会导致管道发生破坏。由于结构和工作情况的因素, 压缩机管线始终会存在于压力脉动, 如果振动程度在标准范围内, 就不会影响到设备的运行, 然而在实际工作过程中, 为了有效防止管道破裂情况的发生, 需要采取相应的气流脉动消减措施, 才能够有效提高天然气压缩机的正常工作。

1 研究意义

压缩机是天然气站场内的运输核心环节, 压缩机的安全性和可靠性会直接影响到天然气企业的正常生产, 能够关系到石油化工企业的经济效益和社会效益, 压缩机出现气流脉动会带来很大的危害, 严重破坏管道结构, 长期的气流脉动会导致管路上的各种附件发生疲劳损坏, 最终形成断裂。在管道法兰连接处, 更容易使得连接螺栓发生断裂失效, 长期的气流脉动现象还会导致压缩机内部的各种部件发生过早失效, 压缩机的工作效率降低, 严重的情况下会出现报废。长期的气流脉动所带来的振动会导致管道上的仪表计量设备发生失真, 埋下安全隐患。剧烈的管道振动同时会产生大量的噪声使工作环境变得更加恶劣, 工作人员的身心健康受到危害严

重时会造成连接处发生断裂, 天然气泄漏, 进而引发爆炸事故。所以强烈的气流脉动会造成程度不一的严重后果。程度较轻是影响工作人员的身心健康, 程度较重会直接引起天然气发生泄漏, 出现爆炸、火灾等安全事故。同时, 直接引起压缩机工作效率的降低。因此在天然气输送过程中, 气流脉动对天然气经济的发展有着直接影响, 会影响天然气企业的经济效益, 因此研究压缩机的气流脉动原因和消除气流脉动具有明显的经济效益和社会效益。

2 天然气压缩机的运行原理

天然气压缩机在工作过程中主要是通过电动机的动力来进行带动, 通过中间连杆带动活塞进行往复运动, 曲轴运动一周, 活塞就能实现往复一次。此时压缩机的气缸工作就实现了吸气、压缩到最终排气一个循环过程。①压缩机在进行吸气过程中, 活塞会向左移动, 此时压缩机内部的容积变大, 压力减小。当气缸内的压力小于进气管压力时, 进气管内的压力就会将吸气阀顶开, 让空气进入气缸内, 直到活塞运动至最左端时, 气缸内的容积达到最大值, 才会停止吸气, 进而关闭阀门; ②当压缩机进入压缩阶段。活塞会从左向右移动, 气缸内的容积会逐渐减小, 导致气缸内压力变大; ③排气阶段, 活塞会继续向右移动, 当气缸内的压力大于进气管压力时, 高强度的压强会使排气阀门打开, 并将气体排放至排气管内, 当活塞移动至最右端, 排气阀才会关闭并停止排气。之后活塞又会向左移动, 再次进行吸气、压缩、

排气等过程。

3 管道振动的原因

天然气在生产过程中所需要的相关管线和设备较多,管道支架以及两者之间的连接装置设备形成了复杂的机械结构系统,影响机械结构系统发生振动的原因有很多种因素。首先是因为压缩机运动机构存在基础设计不合理,或者是由于动力缺乏平衡性,从而导致压缩机组发生振动现象,并且使管道也会出现振动。其次主要是由于管道内气流脉动现象而导致的管道振动。最后管道结构与管道内部气流所组成的系统而引起的固定振动频率。如果压缩机的继发频率与结构的固有频率会形成共振情况,会导致管道出现较大程度的应力以及位移,也是造成管道疲劳破坏的主要因素,因此在运行过程中必须要加强对管道振动的重视。使管道发生振动的原因有很多种,其中气流脉动是主要的影响因素,管道在输气工作过程中需要依靠压缩机或者是压缩泵机组来提供动力,由于压缩机的加压方式具有明显的间歇性,因此会导致管道内的压力平均值出现上下浮动的情况,这就是造成压力脉动的主要原因。

另外,由于压缩机的出口压力会呈现出周期波动的情况,因此在气流遇到弯管处时,会对管道造成一个作用力,使管道发生一定程度的位移,同时由于管道的材料一般为钢制材料,是一种典型的弹性体,所发生的变形会反过来作用到气柱上对气柱形成一个反作用力,由于天然气压缩机的出口压力较大,因此管道的位移情况也会增加,对气柱的反作用力也会出现上升,因此需要考虑气固耦合现象所带来的管道振动原因。在实际工作过程中需要分析天然气压缩机所产生气流脉动的主要原因,才能够采取有针对性的措施进行消除,进而提高天然气压缩机的使用寿命,帮助天然气企业实现经济效益和社会效益的增长。

4 气流脉动与管路振动分析方法

一般情况下将固有频率1.2倍范围内称之为共振区,在分析共振区域时,要求共振频率应当排除在共振区间之外。考虑到压缩机的激振频率是固定的状态,因此必须要调整管道系统固有频率来避免共振现象的发展。

4.1 气流脉动分析

针对气流脉动的分析可以依靠气柱声学模拟方法,将机械谐振曲线转化为声学曲线。通过构建管道气流系统数学模型,采取结构单元传递压力波动以及波动转移矩阵的方式来排除高阶销量,利用声波约束函数表示速度波动函数,从而有效实现非稳态管流微分方程的线性化处理,该程序主要适用于压力波动小于10%的工作区域内。

在进行气流脉动分析过程中,由于驱动机转速会发生明显变化,直接影响到压力波动,因此在分析过程中应当以额定转速为基础,规定偏差范围计算,补偿压缩

机的性能在温度、压力、摩尔质量的变化。并对所获得的矢量合成获取相应的压力脉动值,通过计算模型得出斜波,分量最大值,质量计算结果,更加具有全面性,与实际偏差不大。

4.2 管路振动分析

管路振动分析可以利用CAESAR软件进行计算,结合管道配套图纸和有限元分析方法,构建管道三维力学模型,进而实现模态分析,静力分析,动态分析等。从而获得管道系统固有频率、振动、振幅、节点应力等有效数据。这些数据对后续避免工程设计有着非常重要的作用,可以确保管道柔韧性满足实际施工标准。

在机械工程施工过程中,要重点考虑前10件模态对于系统的影响,通过对天然气压缩机的运行状况进行分析,可知其激发频率较低,因此管道固有频率相比较激发频率会越来越高,能够有效避免前3阶阵型。但是对于较为复杂的管道系统,由于固有频率非常密集,管道系统无法脱离共振区域,并且考虑到高阶共振幅度低,低频共振幅度大的情况。并且在计算前,时间模态计算过程中,应当避免低频前3阶段固有频率、气柱固有频率和压缩机激发频率的共振可能。

5 气流脉动的理论以及消减措施

要想有效减少天然气压缩机气流脉动的消减,就必须抓住关键程序,做好相应的管线设计控制和管理配套管线,在设计过程中不仅要符合工艺要求,还需要进行系统计算管线配置,从而完成管线的优化,选择在优化过程中要包括管长、管径、支撑长度以及相应的管线支架位置。另外要充分计算气流脉动的工作时间,掌握气流脉动在管道运行过程中的相关规律,并且保证气流脉动处于标准的范围之内。

5.1 做好配套管线的设计工作

天然气压缩机的振动与配套管线的设计有着非常重要的关系,因此对于天然气的运行结构在工作过程中要做到设计到位,充分保证其动力平衡,使配套管线能够满足相应的工艺需求,做好管道配置的系统计算性工作确定合理的管道长度、管道内径以及压缩机的容积和支撑位置,使管道配置能够达到最优化,做好气流脉动的响应计算,掌握气流脉动在管道内的分布情况,使气流脉动能够控制在合理范围内。

5.2 缓冲器减振

天然气压缩机在运行过程中,缓冲器能够有效控制压力脉动,在实际运行过程中对缓冲器的容积进行合理利用,能够充分发挥吸气、排气缓冲器的相关作用。合理利用进气缓冲器对气缸上游所产生的设压力波能够实现有效控制,控制其进入管道内的有效气量;应用排气缓冲器不仅能够有效避免反射波进入气缸,还能够有效防止压力波向排气管道内进入。缓冲器的消振效果与缓冲器有着非常直接的关系缓冲器容积以及缓冲器与气缸

的距离都是决定缓冲器实现消振效果的重要因素。要想提高天然气压缩机气流脉动的消振效果,就必须将缓冲器安装于气流脉动的发源位置,也就是将缓冲器安放在压缩机气缸的位置,如果缓冲器的安放位置较远,很难发挥出理想的缓冲效果,因此缓冲期应当紧靠气缸位置进行安装。

5.3 孔板减振

天然气压缩机组在运行过程中适当增加空板数量可以有效达到减振效果,如果压缩机组的结构设计不符合缓冲器和气缸接近的需求,则不会形成良好的缓冲效果。因此需要将大小合适的孔板安装在缓冲器的法兰连接处,可以将管道中气流从驻波改成行波,从而有效提高气流压力的均匀性,以便达到更好的缓冲效果,实现了减振目的。另外在加装节流孔板时,一定要确保能够减少气流压力脉动,同时能够保证输送压力。在安装过程中要确定孔板的安装位置,如果空板与容器的距离较远,则无法实现反射效果,导致减振目的失效。

5.4 固定支架减振

要想使整个天然气压缩机组的设计能够充分发挥其工艺流程设计需求,并且要具有相应的紧凑性,需要在压缩机组的排气和吸气两个管道处设置弯头,确保管道与固定支架能够实现科学合理降低管道振动效果。首先天然气压缩机组的管道布置必须沿着地面进行铺设,这样能够为管道支撑提供便利,另外在安置过程中必须要尽可能降低弯头的数量,从而可以实现降低激振力的效果。其次,在进行管道支撑设计过程中必须要确保管道支架距离相同,如果支架跨度较大就会导致管道发生相应的振动频率;管道支架要采用固定支架或者防振管卡,不能够简单进行支托甚至吊装。管卡与管道之间应当采用石棉橡胶垫来加大管道与管卡之间的接触面积,并且要保证管卡卡紧,另外管道支架要有独立基础,振动管道要采用地面的方式进行铺设,只有这样才能够有效降低管道发生振动现象。

5.5 天然气压缩机管道系统的维护工作

为了全面发挥天然气压缩机的使用效果,相关技术人员应该按照天然气压缩机的规范进行日常检测,为了保障天然气压缩机可以正常的运行,需要借助专门的养护技术来进行处理,全面提升天然气压缩机的运行状态,所以在进行天然气压缩机的养护检测过程中,需要对每个部件都要进行定期检查,主要包括构件检测、机组运行检测和相应位置的螺栓结构检测等,技术人员要做好相关螺栓长度记录,一旦发现螺栓出现问题,必须及时进行更换,以免造成设备出现损坏,影响天然气开采的工作进度。

5.6 在管道内减小气流脉动

5.6.1 设置缓冲罐

由于天然气压缩机在运行过程中出口压力较大,会

形成一定的波动,通常情况下需要在压缩机气缸的进出口附近安装缓冲罐。这样做的目的是将气缸与管道进行隔离,主要的工作原理是气缸出口的气流脉动进入缓冲罐之后,气体的整体流速会发生减缓,从而在一定程度上会减弱脉动情况的发生。使气体进入管道的脉动变小。由于缓冲罐体积过大,可以改变缓冲罐内的气柱固有频率,在很大程度上能够有效提高固有频率,这样可以有效避免共振区,使气柱共振减弱,缓冲快而具有稳压的作用。

5.6.2 设置集管器

在考虑到大型天然气集输管道是依靠多台压缩机进行联合工作,从而有效提高了压缩机的出口压力,这时必须要安装集管器,集管器的主要作用是控制压缩机,出口气流不均匀问题,同时集管器还需要满足一定的通流面积,同时使支管长度避开气柱前的固有频率,防止支管内发生气柱共振。

5.6.3 调整气柱固有频率避免气柱共振

首先在进行配管过程中,应按到天然气战场内的条件和工艺要求,做好初步方案,通过计算气柱的固有频率来调整气柱长度、直径,从而有效减少气柱共振发生的可能性。要想改变气柱的长度、直径需要通过改变配管的直径长度等措施来实现。

5.6.4 脉动衰减器

通常情况下,专业的脉冲衰减器是由缓冲罐组成,并且具有多种结构。考虑到在不同状况下,压缩机出口管道内的气流脉动具有较强的复杂性,因此在设计衰减器过程中,应当进行合理的实验研究。由于衰减器结构的固定性导致衰减器的衰减效果会对几个固定频率具有专业性的效果。多孔组合衰减器是在天然气压缩战场内经常使用的,通过小孔、短管、中间隔板的衰减作用,能够有效降低压力的不均匀性。同时可以做好消减气流脉动。

6 结束语

综上所述,天然气压缩机在运行过程中之所以会出现管道振动现象,其主要的原因与气流压力脉动有着直接关系,因此对配管在进行设计过程中需要消减气流压力脉动,才能够有效提高天然气压缩机的正常工作效率,减少天然气相关设备元件由于振动而造成的损坏现象,为提高天然气的正常生产工作效率奠定基础。

参考文献:

- [1] 张梁,梁政,冯小波,等.天然气压缩机气流脉动的消减研究[J].压缩机技术,2006(02):4-6.
- [2] 王训锋.天然气压缩机管路系统气流脉动及管道振动研究[J].石化技术,2019(22).
- [3] 何明远.海洋石油平台天然气压缩机脉动消减技术研究[J].建筑工程技术与设计,2018(27):595.