

天然气输送管道离心压缩机组的管道设计

唐守军 李 博 (中石油华东设计院有限公司, 山东 青岛 266071)

摘 要: 天然气行业的发展和壮大对人们的生产生活有着重要的影响, 而离心压缩机组在天然气输运中更是发挥着重要的作用, 如果离心压缩机组在天然气正常输送中发生故障, 就会给天然气企业产生较大的经济损失, 市场行情可能也因此受到一定影响, 所以在实际应用中有效保障离心压缩机组的安全运行, 对天然气企业的发展和壮大有着重要的意义。就现阶段应用状况来看, 离心压缩机组出现故障中最为常见的就是设备出现振动异常, 如果离心压缩机组管道出现异常问题, 就会在极大程度上影响到整个设备的其他零件, 使得离心压缩机组结构遭到破坏, 使用时间由此缩短, 此外, 离心压缩机组自身以及相应的仪器运行精准度以及工作效率也会出现不同程度的下降, 从而影响到整个天然气系统的正常运行。所以重视对离心压缩机组进行有效的检查, 解决异常振动问题能够有效的促进天然气输送正常稳定。

关键词: 天然气输送管道; 离心压缩机组; 管道设计

离心压缩机组广泛应用在天然气行业, 是经常性处于高速运转的机械, 所以压缩机应有较高的精度, 进出口管嘴的受力及力矩均有一定的限制, 若受力或者力矩过大, 轻者机器振动, 重者造成机器损坏。因此管道的走向, 支吊架设置均应考虑到减小管嘴的受力和力矩。在天然气处理站中, 使用离心压缩机组对天然气进行增压, 因此应对离心式压缩机组管道设计进行探讨, 最终保证设计效果。

1 天然气管道设计的相关内容

天然气管道是指石油化工领域开展相关的石油及化工等需求能源的开发, 在经过生产加工处理后, 把加工后的能源输送到需要的地方所用的管道。近年来, 国内的管道输送得到了很好的发展, 大部分管道经过不断改进, 能很好地完成各项程序及结合相对应的工艺技术, 但是, 因为天然气产品大多是易燃、易爆及易腐蚀等的物品, 在输送过程中, 若出现管道泄漏, 会对周边环境造成很大的污染, 如果引发爆炸事故, 还会危害管道输送经过地区人们的生命及财产安全。这就要求在设计管道时要更慎重、用心, 技术要更高。设计前, 要挑选管道材料, 挑选防腐性能好的金属或合成材料, 参与管道设计的所有从业人员在实施管道的建设时, 要结合管道所处地理位置情况, 例如, 高度关注管道处在水路、高温及低温等环境, 特殊的区域或必经之地是冻土、深水区及情况不明的恶劣地势地貌, 管道设计建设时, 不能忽视这些环境因素, 要根据具体情况因地施策。另外, 管道设计人员要高度重视管道分布与管道设备安置中各环节的工作流程与方法, 确保管道建设不出任何问题。同时, 天然气管

道设计相关人员也要考虑整个管道建设的投入成本问题, 科学合理地做好天然气管道建设工程, 促进其更好发展^[1]。

2 离心压缩机组

离心压缩机组是通过叶轮高速旋转对气体做功, 转化为气体动能和压能, 进而实现输送和压缩的作用。叶轮连续运转, 使得气量和压力相较活塞压缩机波动小。高速旋转产生较大压缩空间, 使得机组相对紧凑、排气量较大, 适用于中高流量工况。离心压缩机在恒定转速下流量调节范围比活塞压缩机小, 在流量变化较大工况下, 一般采用转速调节或更换叶轮的方式实现, 其中更换叶轮费用较高, 不推荐多次更换。

3 离心压缩机组管道设计中的影响因素

3.1 自然环境因素

在开展天然气管道传输工作时, 经常会出现长输情况, 在这样的情况下架设天然气管道时, 通常都要翻山越岭, 其面临的环境也比较恶劣, 导致输送管道的维护难度提升。天然气管道离心压缩机组管道在使用过程中, 也有可能因为天气因素, 受到暴雨、泥石流等多种自然灾害的影响, 使得管道出现受损情况, 一旦受损, 就会造成天然气泄漏问题, 从而降低天然气输送的安全性。

3.2 管道内部压强的影响

不管是暴露在外界环境的天然气管道, 还是被埋藏在土壤内部的天然气管道, 其内部压强通常都缺乏较大平稳性。在对天然气进行输送时, 其管道压强的数值若是超出标准值, 那么管道会有较大概率出现爆裂现象, 从而引发较大的安全事故, 甚至会危及相关

人员的生命安全。当下的天然气输送基本是将居民楼作为终端，在输送过程中，天然气管道离心压缩机组都是垂直状态进行输送工作的，在这种情况下，管道内部压强也缺乏较高的平稳性，这样也很容易出现管道破裂的安全问题。

3.3 温度因素

对于天然气管道来说，其在工作运行中还会被外界温度所影响，在温度变化的影响下，天然气管道会出现热胀冷缩的现象，这也会提高管道爆裂的概率，使得天然气输送管道的使用寿命减少，不仅会降低天然气管道输送的有效性及安全性，还有较大可能会危害到周边居民的人身安全^[2]。

3.4 进出装置

管道进出装置侧重在管道的分界点装切断阀，而且在装置侧设计 8 字盲板。目前，很大部分管道设计都存在误区，只是把 8 字盲板用在输送有毒或者可燃气体管道上，使得部分进出管道没有安装保护设施，这对管道有很大影响。所以，在设计进行中，要对 8 字盲板不断改进完善，这种做法可减少实际损伤中的误损伤，且不会给设计人员造成太大困扰。

3.5 环境腐蚀情况

环境腐蚀也是影响管道安全操作的又一关键问题，主要因为自然环境的关系，使得管道周围的物质发生一定的化学反应，会对管道有一定的腐蚀现象。因为每个管道抗腐蚀性能不一样，所处的周边环境也不一样，因此管道腐蚀情况各不一样。倘若管道所处条件特别复杂，并且本身也有很多不足之处，那么本身抗腐蚀性能差，就更容易出现腐蚀问题。

4 离心压缩机组管道布置思路

基于离心压缩机组的工作特点，并结合管道的振动特性和振动事故的实例，提出几种合理布置离心压缩机组管道的思路。①离心压缩机组进口管道不能有液体，首先尽量缩短进口分液罐到压缩机的距离，并且把离心压缩机组入口分液罐至离心压缩机组的这段管道设置成步步高或者有一个向上的坡度。对于多级压缩机，从级间冷却器到分液罐的管道也尽量有坡度，因为设备布置的原因，如无法实现坡度，可在管道最低点加排凝；②为方便离心压缩机组管道做防振支架，管道应该尽量低一点，最好是沿地面敷设。尤其当发现管道振动时，如果管道走的特别高或者是走在不方便增加支架的地方，则现场可以采取的减振措施就会很局限，这样会给现场造成不必要的困难；③离心压

缩机组进出口管线上相邻的管墩尽量合并做到一起有以下好处：首先是整齐美观，由于地面上管墩很多，会显得杂乱无章，合并起来会改善这种现象，再是有利于地下管线和地下电缆的敷设，由于离心压缩机组附近地下空间有限，地下管线的敷设一直是个难题，最后是管墩合并后会加大管墩的承受力，会更加牢固，避免出现因为管墩不牢固导致管道振动的问题；④在布置过程中，要保证管系有一定的刚度和足够的柔性。在干扰力作用下离心压缩机组管道如果没有一定的刚度，它可能会发生强烈的振动，这是一定要避免的；⑤离心压缩机组进出口管道上，支管可通过整体补强的支管连接管件（主管座、三通等）与主管进行连接，特殊情况下可再用角板支撑加固。不宜用支管直接与主管进行焊接。放空等分支管线上的支架也应该为防振支架^[3]。

5 天然气输送管道离心压缩机组管道设计

5.1 入口管道设计

①离心压缩机进口管弯头或三通与压缩机管口法兰之间需设置一段直管段，根据 API618 要求，直管段长度一般要求为 3~5 倍进口管直径。在工程中，该直管段长度均按照 5 倍进口管直径设计；②为防止异物、杂物进入压缩机，该工程在靠近入口管道上设置一段可拆卸短管，方便安装临时粗过滤器；③压缩机吸入气体可能夹带液体或者容易产生凝液，离心压缩机组设计时，入口管道均做了保温，防止冻堵。

5.2 出口管道设计

①为防止压缩机停转时，工艺系统气体窜入压缩机而损坏机体，离心压缩机组在出口管道设置止回阀；②压缩机出口管道在热态时所产生的力和力矩，必须小于压缩机出口管嘴所承受的外力和力矩，否则要改变管道走向，或采取其他措施。

5.3 辅助管道设计

该离心压缩机的辅助管线有冷却水管线、润滑油管线、密封系统管线、放空管等。压缩机为成套设备，辅助管线的配管仅考虑机组供油和回油管线与油站之间的管线设计。①全部供油、回油管线及管件材质均为不锈钢，以免锈垢进入压缩机破坏机体；②供油、回油支管与总管应用法兰连接，且回油总管上不得设置阀门；③回油管线应保证顺畅无阻的流入油箱，回油总管在流动方向上应有向下 4%~5% 的坡度。部分工程中坡度取 4%；④高位油箱与机组供油总相连的管线应该短而直，减少弯头且不可出现 U 型；⑤为防

止开机时室内产生大量油烟,机体上的所有排气口应接至室外进行放散^[4]。

5.4 离心压缩机组的防振设计

5.4.1 气流压力不均匀引起的振动控制

如前所述,流体脉动是离心压缩机组进出口管道振动的最主要原因。压力等流体参数越大,管道的振动位移峰值和应力也越大。因此降低流体脉动是压缩机组管道防振设计的主要任务之一。通常有以下几种措施控制流体脉动:

第一,离心压缩机组内重要区段的管系设计。重要区段管系是指压缩机组进出口到缓冲罐的连接管段,这一管段属于压力不均匀度最高的区段,也是振动最剧烈的位置。在管道设计时应考虑如下原则:①重要区段的长度应避开共振管长;②在避开共振管长的前提下,尽可能缩短重要区段的管长,管长越短,减振效果越显著,最理想的情况是将气缸进出口法兰直接与缓冲罐连接;③尽可能减少重要区段的弯头,若必须使用,宜使用曲率半径 $R \geq 1.5D$ 长半径弯头,最好不设弯头;④由于出口管道的温升产生的热膨胀对压缩机管口及机壳有一定影响,因此出口管道因兼具一定程度的柔性。在弯头不可避免的配管设计中,应尽量保证弯头前后直管段长度尽量趋近;尽量减小由于管道热膨胀所产生在缓冲罐的管口力。

第二,设置吸入缓冲罐和段间罐。在离心压缩机组气缸前后设置吸入缓冲罐和段间罐,且缓冲罐的容积应足够大并应尽可能靠近气缸,尽量减少由于压力不均匀所带来的振动。缓冲罐能使后继管道内的气流脉动得以缓和,降低吸排气期间因气流脉动所造成的功率损失,以及降低管道内的阻力损失^[5]。

5.4.2 管道支架设计

合理的管架设置,可有效地控制离心压缩机组的振动。以下几方面介绍离心压缩机组内振动管道支架设计。①为防止振动和振动的传递,离心压缩机组进出口的振动管道宜沿地面敷设,并且设置独立的管墩作基础,加大支架的刚性。以离心压缩机组的进出口管道为例,主管道均采用沿地面敷设的方式,每个管架均支撑在独立的管墩上,且支架之间不等间距排列,防振管架宜设置在管道集中载荷处,如弯头和分支。由于离心压缩机组本体和电机在正常运行过程中会有一定幅度的振动,设计时应避免在其基础上设置管道支架;②在管道无法满足地面敷设时,架空敷设管道的管架应保证生根点位置的刚性。管托最好可生根在

混凝土柱子的顶端。混凝土柱子应有独立基础,对柱子规格的设计应充分考虑振动和管架高度的要求;③从防振角度而言,固定支架最有利于防振但不利于离心压缩机组管道的热位移,因此要使固定管托的管卡同时兼具一定的弹性,既可吸收管道的振动位移,也可以吸收热位移补偿。一般可在固定管卡与管道之间衬以软木或橡胶垫等。

5.4.3 共振防止

由离心压缩机组管道与内部流体构成的系统具有一系列固有频率,当离心压缩机组的激发频率与某阶固有频率相等时,系统及产生对应于该阶频率的共振。当共振发生时,管道内将产生较大的应力和位移,脉动现象将达到极大值。对于离心压缩机组管道,通常把管道结构本身和内部的气流视作2个系统,它们均有各自的固有频率,管道设计时既要避免气流共振,又要避免结构共振。结合离心压缩机组的振动分析结果,通过调整管系中管架支撑的位置和形式,微调管道走向来避开共振。除上述理论设计造成的振动原因外,由于离心压缩机组自身的动平衡性能差、安装对中性差、离心压缩机组基础施工不当等均会引起机组的振动,从而导致与之相连的管道发生振动。

6 结语

在天然气管道装置中,离心式压缩机属于相对比较复杂的设备,所以在配管之初需要综合考虑各方面的因素,把各种问题消除在设计前期,以避免一些不必要的问题出现。目前我国对离心压缩机管道设计的经验相对较少,通过对天然气管道离心压缩机的管道设计,可为以后同类离心式压缩机的管道设计提供参考。同时该离线压缩机管道过程中出现的问题也为日后同类压缩机配管提供了经验。

参考文献:

- [1] 曹珊. 往复式压缩机管道防振设计研究[J]. 化工管理, 2022(18):106-109.
- [2] 丁烨. 往复式压缩机管道设计浅析[J]. 广州化工, 2021,49(18):90-91.
- [3] 续雯雯. 往复式压缩机管道的减振设计[J]. 化工设计通讯, 2021,47(07):63-64.
- [4] 康惠珊. 天然气管道压缩机驱动方式的优化设计[J]. 辽宁化工, 2020,49(06):687-689.
- [5] 杨兆祥. 往复式压缩机管道设计[J]. 山东化工, 2019,48(16):178-180.