

长输管道用天然气压缩机选型要点研究

刘晓霞（东营众海人力资源有限公司（中石化石油工程设计有限公司），山东 东营 257000）

摘要：压缩机属于长输管道压气站的重要装置，就企业而言，怎样选取合适的压缩机非常关键。对此，本文分析压缩机选型设计，根据选用原则探讨了压缩机适用类型，通过研究驱动器选用条件，进一步分析了离心机的技术特征，从而提出了选型要点，旨在为选型设计提供借鉴。

关键词：长输管道；天然气；压缩机；选型要点；选型优化

0 引言

天然气在长距离运输期间会由于诸多因素减慢传输，继而降低压力。为保持压力，送至目标市场，会设计各种压缩机场站。其中压缩机属于关键设备，围绕其运行会设计冷却器、管廊等。作为场站的关键设备，怎样选取高效的压缩机是场站建设的要点。对此，本文围绕选型设计进行分析，根据管道运输特征，探讨了适用形式，也就是离心压缩机；之后介绍了选取条件，及技术特征，提出了选型设计的要点，旨在能为场站建设提供参考。

1 压缩机分类及场站压缩机选择

1.1 压缩机主要形式

在天然气储运中，压缩机可以分成以下几种：①活塞压缩机。它被使用的概率较高，主要构成有活塞、气缸，做功让气体升压，根据气缸形式不同可分成以下形式，即单、双作用。由于承压能力较强，所以能运用于高压工况。压缩期间会释放很多的热，要严控气体温度。在安全层面上，要求温度低于140℃。并且，伴随温度上升，也将影响活塞性能，在机械运行角度上，通常要求低于170℃。单机通常低于2500kW，初期所需投资较低，但维护较为复杂，所需维护费用较高；②离心压缩机。它利用叶轮旋转做功，转化成动能及压能，从而达到输送及压缩。叶轮不断运转，让气量及压力较小。高速旋转形成较大空间，让机组较为紧凑，可应用于高流量工况。在固定转速下，流量调整范围较小，流量波动较大时，通常采取转速调整手段实现，更换需要较大的费用，不建议频繁更换；③螺杆压缩机。在汽缸中有着两个阴阳转子，它们都有着凹形齿，彼此反向旋转。利用转子啮合形成的腔体来吸气、排气，受限于螺杆长度及速率，压缩空间比较狭小，通常用于低排压工况。

排压能达到5MPa，一般低于2MPa。并且，针对有油螺杆压缩机，还要综合考虑污染问题。

1.2 压缩机操作及场站压缩机选取

1.2.1 压缩机操作简介

操作原理并不复杂，开始工作的压缩机，在电机牵引作用下，曲轴将来回旋转，而在连杆驱动下，活塞也将反复运作，二者一起运转。并且，气缸中会吸气、排气，协调操作的所有环节也就是设备运行流程。实操中，要结合规范严格执行，避免由于人为因素造成设备发生故障。仔细检查所有的成分，且判断能否处于稳定运行状态，加强运行参数控制，保证处于适当范围，为运行的可靠性提供保障，防止出现故障^[1]。而在设备实操中，要根据以下流程：正式工作前，应该仔细、全方位检查安全性能，保证所有零件正常，且对各成分进行全方位检查，确保能正常运行之后即可启动设备。仔细检查阀门操作，且落实好润滑处理；在工作前，做足准备之后，可启动工作按钮。对于运行后的设备，需要加以检查机组操作状态，严控进气压力，掌握装置运行参数。管控阀门系统力度，为装置的可靠运行提供支持；最后，停止运行。采取人工方式停机时，要全面管控进气阀开度，启动停止按钮之后，装置不再工作，仔细查看全部阀门，查看所有工作系统，且落实好扫线处理，以便于下一次运转。

1.2.2 场站压缩机选取

伴随对天然气需求的日益提高，长输管线运输水平逐渐提升。比如西气东输管线，管线跨越多个省区，设有22个增压站，年均输送量超过120亿m³。长输管道有着显著的特征，比如有着一定的跨度、输送能力较强，布置压力在8-10MPa之间。对于工艺工况，压缩机功率超过5MW。从输送能力、压力等方面判断，长输管道适用离心压缩机；在流量较低、单机功率低于2500kW时，鉴于初期费用投资可结合需求选取活塞压缩机，建议选用离心压缩机。

2 压缩机驱动方式对比及选用原则

驱动器一般包含电动机、轮机及发动机等，以下

是驱动方式比较：对于电动机驱动方式，电量需求很高，负载被环境影响较小，工业水使用量不大，润滑油耗量低，调载需使用变频设备，不会形成污染问题，易于进行操作，维修难度低，推荐使用；对于蒸汽轮机驱动方式，电量需求高，负载被环境影响小，工业水需求高，润滑油耗量低，具备调载能力，环境污染小，操作难度大，维修难度大，不推荐使用；对于燃气轮机驱动方式，电量需求低，负载被环境影响大，工业水需求低，润滑油耗量低，具备调载能力，环境污染程度中等，操作难度中等，维修难度中等，推荐使用；对于天然气轮机驱动方式，电量需求一般，负载被环境影响一般，工业水需求量一般，润滑油耗量高，具备调载能力，环境污染程度中等，操作难度大，维修难度大，不推荐使用。根据以上比较可知，蒸汽轮机天然气发动机不易操作，工业水需求量大，维护成本高，并且也会带来环境污染，因此不推荐使用。针对燃气轮机及电动机，即便比较各项，电机驱动较优，但需要大功率电力支持，偏远场站也许没有条件，而燃气轮机能够使用管道输送天然气当作燃料提供动力。所以，根据上述分析给出驱动机几点选用原则：其一，驱动机主要形式是电动机及燃气轮机；其二，场站附近有可靠电力供应时，应从环保、能源使用层面全面分析确定；其三，在有着环保要求时，可先考虑电机驱动；其四，人员稀少区域，且对环境要求较低，从能源使用层面出发推荐燃气轮机驱动，节约投资；其五，地处偏远区域，难以提供稳定电能，可考虑燃气轮机驱动，节约投资。

3 天然气压缩机选型

3.1 压缩机级数的选取

3.1.1 选取多级压缩的因素

其一，节约指标功，提升经济性。压缩机一般是绝热压缩，具体运行时，经多个步骤压缩，在压比一样时功耗最小，效率最大。若开展压缩时回冷不彻底，将会提高功耗。其二，降低排气温度。鉴于安全，排气温度不能偏大，温度会伴随压比上升。其三，增加容积系数。对于容积系数和压比，二者呈负相关关系，压比越大系数越小。为增加容积系数，可减小第一级压比。其四，降低气体力。在压缩期间，压差变小便会降低活塞力，进而让作用力也变弱。其五，动速度要求。在大于单级界限时，要选择多级压缩机，以降低应力。

3.1.2 多级压缩的不足

即便有着显著优势，但也有着一定的不足，要提

高重视程度。结构较为复杂，体积较大。易损件较多，也将提高压力损失，在这一层面，压缩级数不能过多。

3.1.3 级数选取原则

要注意省功原则；运行稳定、机器寿命长；价格低，针对微小机型，要遵循成本低原则；另外，要多加注意特殊气体，级数选取受限于排气温度。

3.2 压比选择及压缩机选型要求

3.2.1 压比选择

明确级数之后，还要遵循省功原则。对于压比选取，还需要考虑这些因素：其一，适当提高首级压比，确保进气温度低，防止发生回冷不完善现象。其二，在压力提高时，损失值变小，所以为了降低压力损失，可以选取高压比，让中间压力变大，便可以降低压力损失。其三，根据以上分析，压比分配要从高到低，实际上，在首级压比变大之后，将使容积系数变小，干扰进气量^[2]。就多列压缩机而言，还要分析活塞力均等性，使受力更为均匀。因此，压比分配有着复杂性，要根据相关原则分配，让功耗最低。

3.2.2 设备选型要求

其一，压缩介质。应综合分析排气温度的影响、气体会不会发生微量泄漏，其中是否存在有毒元素等。其二，安全问题。天然气有着爆炸的可能，在温度上升时，爆炸范围较大。压力影响非常广，所以要加以重视安全问题。其三，气体性质影响。天然气有着依赖性特点，增压时，气体性质可能出现突变。所以要根据限定波动范围，对机组开展评估，判断其能否承受。其四，压缩中的液化现象。鉴于在操作期间容易形成局部液化，所以要做好凝液分离工作。比如往复式压缩设备，余隙容积要稍大，如果凝液较多，要将出口阀设于气缸底部，避免积聚，避免发生撞缸。为避免气体泄漏，还应该密封曲轴箱，如此一来能降低粘度。而针对离心压缩机，则应该设置密封气系统。其五，排气温度限制。建议低于 140℃，由于核心成分为烷烃，如此可以降低碳化概率。

3.3 压缩机合理匹配及能适应工艺特点

3.3.1 设备合理匹配

结合经验，活塞压缩机应该布置两台至四台，即便维修一台，也基本上不干扰正常运营，预算也较为科学。一般无需备用，只为满足环境特点和工艺需要才考虑。部分平台气量前后波动显著，为满足气量需要，要结合波动情况来确定设备尺寸及数量。

3.3.2 能满足工艺特征

由于受限于开发条件改变，进气压力、温度等会

伴随操作条件的改变而改变,为尽可能使用气源能量,降低能耗,当选取时要加以分析进气条件的改变。

4 压缩机其他选型要点

4.1 结构形式选用

压缩机经常使用的结构形式包括横向及竖向剖分型,前者一般应用于中低压,后者一般应用于中高压。设置压力介于8-12MPa之间,处于中高压范畴,所以使用部分型。

4.2 排气温度管控

针对压缩设备,设置期间要分析着火等现象。为了防止危险出现,选型时要把排气出口温度保持在140℃。

4.3 压缩机流量调节

流量调整可分成多种方式,相比于其他方式,转速调节效率较高,轮机易于达到驱动端变速,电机驱动方式需借助变频设备。压气站在各个时期输送气量改变较为突出,通常伴随运转时长逐渐提高,特别是初期输送量低,所以推荐使用转速调节方法^[3]。

4.4 避免在喘振线周围运行

压缩机存在喘振边界线,简而言之,在压力大于某一个值时,便会出现喘振,而其将干扰管路系统,机器、管路会由于振动导致受损,有时还会损坏本体。所以在选型设置时,要防止在喘振线周围运行,也就是不接触喘振点,并且要在管路规划上分析低流量工况,靠近界线时怎样防止。

5 天然气压缩机的设计运用

5.1 基础设施建设

在压缩机工作期间会耗用很多的电能,所以要求建设的储罐系统能处于正常的工作状态,要求构建专业基础设施,涉及运行模式、线缆及运维体系,掌握全部的运行信息,使基础设施起到更大的作用。另外,要科学控制配电箱,电缆可以和压缩机有效连接,同时在连接点附近要布置防护设备,避免特殊作业环境造成连接点锈蚀。此外,基础设施建设也包含分析体系、监管体系等,在运行中能够全方位准确记录全部运行参数,以准确判断设备是否出现故障。

5.2 防护系统建设

要结合工作体系的要求,保证所建的保护系统能够保护设施、电缆接口等。针对系统与设备防护体系,根据要求布置防护罩、准确安装叶片、合理连接杆件,避免运行期间振动过大。而针对线缆接口区,要借助已建设的管理系统,避免产生原电池效应,造成接口强度降低。另一方面,在系统建设期间,要安排专人

检查,特别发现设备运行失稳时,更应该做好这一项工作,对于储气罐设备,一般检查其进出气口、及固定设备的连接情况,特别是衔接法兰区域,要使用防锈蚀材料且构建分析系统,避免在恶劣工况下大面积锈蚀。

5.3 管理系统配置

在系统建设期间,要综合考虑人员素质,要求运维工作者能及时发现问题及系统故障,分析系统工作状态。例如压缩系统的运行,要能根据设备类型、工作原理,探讨是否有着管理疏漏,包含分析体系的布置、连接区域的分析,系统都能起到作用时才能投入使用^[4]。在系统可靠性下降时,要全面分析运行状态,让系统能更好起到作用。

5.4 运行系统更新优化

要结合设备型号及工作原理,综合分析系统能否处于正常的运行状态。系统更新升级,一要达到人资管理系统的升级,能根据型号及流程,找到系统运行故障及缺陷,据此开展维修;二要根据压缩设备工作要求,安排专人参与运检,发现问题及时修补,进而更好发挥系统作用。

6 结论

通过研究压缩机技术特征,给出了选型通用原则,且结合原则提出长输管线适于选择离心压缩机,并据此探讨了驱动机选用原则,提出了选型设计时应该注意的要点。总之,天然气压缩设备种类较多,比如活塞式压缩机,在选取期间,要结合设备种类、人员数量等科学选取。压缩机的设计与运用过程,应科学配置专业人员,且综合考虑及分析系统运行方式,使工作系统能长期处于稳定状态。

参考文献:

- [1] 韩怡.天然气长输管道调度优化方案探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2021(15):70-71.
- [2] 孙立刚,毛平平,刘少山.天然气长输管道压缩机站设计新技术[J].油气储运,2021(12):884-886+894+967.
- [3] 靳朝霞,高铭志.天然气压缩机的选型和应用[J].石油和化工设备,2020(05):23-25.
- [4] 陈娟,张宝强,焦如义.浅谈我国主要天然气长输管线压缩机使用情况[J].压缩机技术,2020(06):61-63.

作者简介:

刘晓霞(1983-),女,汉族,山东曹县人,本科,中级,主要从事的工作:长输天然气管道站场。