

液化石油气泵的选型

□ 北京市煤气热力工程设计院有限公司 (100032) 谭春艳 杨永慧 刘璐

摘 要: 对于小型储配站, 因为流量小, 可以选用价格上占优势的滑片泵。对于大型储配站, 因为自动化水平较高, 附属设施多, 安全性要求更高, 可以选用零泄漏的屏蔽泵或磁力泵。需注意的是, 屏蔽泵效率较低, 不允许长时间在小流量工况下运行, 但其价格较低。磁力泵的工艺性能好, 但价格稍高。

关 键 词: LPG 滑片泵 磁力泵 屏蔽泵

Discussion on the Type Selection of LPG Pump

Beijing Gas and Heating Engineering Design Institute Tan Chunyan, Yang Yonghui, Liu Lu

Abstract: Small scale LPG storage and filling station apt to vane pump, which is cheap and suitable for small flow. Because of the higher automation level, more ancillary facility and higher security requirements, large scale LPG storage and filling station need zero leakage pump, such as canned motor pump and magnetic pump. Canned motor pump have low efficiency, small flow is not permitting, but it is cheaper than magnetic pump. The technology of magnetic pump is most excellent.

Keywords: LPG vane pump magnetic pump canned motor pump

1 背景

据资料显示^[1], 预计到2013年底, 全球LPG供应总量将以每年3.5%的速度递增, 其中苏伊士运河以东地区的供应量比2009年增长30.7%。到2011年, 中东将超过北美, 成为世界上最大的LPG产区。其中, 伊朗、卡塔尔和阿联酋的LPG产量将明显增加。2009年, 全球LPG需求量为2.35亿t, 比上年略有下降。但亚洲和中东地区LPG需求的增长仍相对强劲, 其中亚洲地区消费量达7 380万t, 比上年增长2.07%, 占全球LPG总需求的30%以上。未来LPG市场的增长主要依靠居民/商业和化工这两大终端市场, 车用LPG市场也有很大的增长潜力。随着全球经济的逐渐复

苏, 预计未来LPG的价格会随原油价格而相对坚挺, 但不会超过2008年的最高价位。中国国内LPG市场虽然面临天然气等替代能源的冲击, 但是, LPG的应用领域一直在扩展, 并且随着天然气价格的不断上调, LPG的市场竞争力逐渐增强。

LPG的使用方式基本为瓶装形式, 所以, 限制条件少、供应灵活、使用方便。城市、街、镇、乡、村等地方均可使用LPG, 并可广泛用于民用、工业、商业等领域。因此, 在LPG的供应链条中, LPG储配站在城镇范围内发挥着举足轻重的作用, LPG泵在储配站中是必不可少的重要设备, 关乎整个站的安全性和经济性。本文从选型参数及类型两个方面论述了LPG泵的选型。

2 LPG泵选型参数的特点

(1) 介质特性^[2]: 除具有易燃、易爆等特点, LPG比较清洁, 在液相呈非均质分布, 密度不是常量, 且随压力、温度而变化, 在设计选型时可取平均值。

(2) 操作温度: 以北京为例, 一般为-19℃~+50℃。

(3) 流量^[3]: 在一个连续的工作日内, 泵流量在一定的范围内变化, 应选择在最小流量范围和最大流量范围内能够高效可靠运行的泵, 这一点对于设计有轴向力自动平衡机构的泵来讲尤为重要。

(4) 扬程: 液态LPG采用管道输送时, 泵的扬程应大于式(1)的计算值。

$$H_j = \Delta P_z + \Delta P_y + \Delta H \quad (1)$$

H_j : 泵的计算扬程 (MPa);

ΔP_z : 管道总阻力损失, 可取1.05~1.10倍管道摩擦阻力损失 (MPa);

ΔP_y : 管道终点进罐余压, 可取0.2~0.3 (MPa);

ΔH : 管道终点、起点高程差引起的附加压力 (MPa);

注: 液态LPG在管道输送过程中, 沿途任何一点的压力都必须高于其输送温度下的饱和蒸汽压力。

液态LPG管道摩擦阻力损失的计算式如下:

$$\Delta P = 10^{-6} \lambda \frac{Lu^2 \rho}{2d} \quad (2)$$

ΔP : 管道摩擦阻力损失 (MPa);

L : 管道计算长度 (m);

u : 液态LPG在管道中的平均流速 (m/s), 经济流速为0.8 m/s~1.4 m/s, 最大不应超过3 m/s;

d : 管道内径 (m);

ρ : 平均输送温度下的LPG密度 kg/m³;

λ : 管道的摩擦阻力系数。

(5) 泵汽蚀裕量 (NPSH_r): 泵样本上给出的汽蚀余量NPSH_r是在室温和清水条件下试验测得的, 在输送低粘度且不带气体的烃类介质时, NPSH_r (介质) = NPSH_r (水) - Δ NPSH_r, 其中 Δ NPSH_r值可在美国水力学会标准1975年版的修正曲线中查找。在API610规范里建议, 在泵输送液态烃时, 对NPSH_r不作修正, 把修正值看成额外的安全余量, 认为泵无论输送何种介质, NPSH_r值不变。

可以通过以下途径来防止离心泵产生汽蚀: 1) 降低泵的安装高度; 2) 减少吸入管路的阻力, 例如: 加大管径, 减少吸入管路的附件; 3) 降低泵送液体温度, 以降低汽化压力; 4) 满足流量和扬程的条件下, 降低泵的转速。

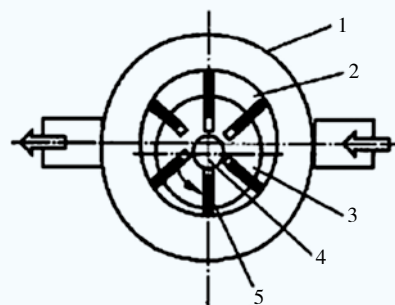
3 LPG泵的类型

用于LPG的泵主要有以下4种: (1) 滑片泵, 型式为容积式泵, 滑片易坏, 价格便宜; (2) 筒袋泵, 型式为离心泵, 泵必需汽蚀裕量 (NPSH_r) 小, 价格较高; (3) 屏蔽泵, 型式为离心泵, NPSH_r较大, 无泄漏, 价格适中; (4) 磁力泵, 型式为离心泵, NPSH_r较大, 无泄漏, 价格稍高。为了安全起见, 在选型过程中保证泵无泄漏至关重要, 所以, 本文主要讨论无泄漏的屏蔽泵和离心泵, 以及经济性好的滑片泵。

3.1 滑片泵

3.1.1 工作原理

单作用式滑片泵的工作原理如图1所示^[4]。主要由泵体1、内套2、转子3、轴4、滑片5、侧板6 (未示出) 等零件组成。内套与转子之间有偏心距 e , 滑片安放在转子槽内, 可沿槽滑动, 当转子回转时, 滑片靠自身的离心力紧贴内套内壁, 由内套内表面、转子外表面、滑片及两侧板端面之间形成若干个封闭工作室, 当转子逆时针回转时, 右边的滑片逐渐伸出, 相邻两滑片间容积逐渐增大, 形成局部真空, 液体由吸入口进入工作室, 这是泵的吸入过程。左边的滑片被内套逐渐压入槽内, 相邻两滑片间封闭容积逐渐减小, 将液体压出排除口, 这是泵的压出过程。转子转



1 泵体; 2 内套; 3 转子; 4 轴; 5 滑片

图1 单作用式滑片泵工作原理图

一周,完成一次吸入压出。在泵的吸入腔和压出腔之间,有一段封油区,把吸入腔和压出腔隔开。泵的排量 Q 与偏心距 e 、泵的转速 n 成正比,因此,可采用改变偏心距和转速的办法调节排量或制成系列产品,满足不同工况的需要。

3.1.2 优点

滑片泵属于容积式转子泵,结构简单紧凑,体积小;滑片泵具有优异的自吸能力,气蚀余量可达4m左右,可气液两相混合输送,混输比高达50%^[5]。滑片泵定转速定流量工作,泵的出口压力取决于外部使用条件,可以在较大的范围内,随着管路阻力的变化而变化,提供压力较为稳定,能够较好地解决管路压降问题。

3.1.3 缺点

滑片作为滑片泵的特殊构件,在很大程度上决定了滑片泵的性能。一方面,由于滑片两侧高低压的差别,滑片受力很大,所以,滑片要有足够的强度,伸出滑槽的距离也不能太长,因此滑片泵的流量普遍比较小,在大型管道输送过程中应用的比较少。另一方面,滑片在径向力的作用下,滑片顶部与内表面直接接触,根部均与泵的出口液体相通,在吸入口区域内滑片根部的出口高压液体作用太大,会远远超过滑片顶部与定子之间接触的承载能力,使得在吸入口所对应的定子以及与其衔接的大圆弧内表面发生严重的曲面挤压磨损,所以,滑片泵在工作时噪声也比较大。另外,滑片磨损比较严重,对自吸能力和出口压力都造成了一定的影响;在额定的工作压力下,其动平衡性能较好,基本不振,但它不适用于高压,工作压力越高,转子承受不平衡的径向力就越大,液体在出口管道内产生脉动。轴传动,有泄漏点。

3.1.4 滑片泵操作使用中的常见问题及注意事项

(1) 滑片泵虽然有较强的自吸能力,但首次启动前需从注油孔(安全阀尾部的螺孔)向泵内注入适量的介质油料,起润滑、密封的作用。泵的流量调节可采用回流调节,也可采用变速条件,但泵的转速不能高于额定转速。

(2) 虽然滑片泵有较强的自吸能力,但是也存在气蚀现象。所以,在使用过程中也要考虑到泵的安装高度和气液混输比的问题。

(3) 在运行和停泵过程中,应将泵排出管路上

的所有阀门打开。若关闭排出口阀门或排出管路堵塞时,由于液体的不可压缩性,泵的出口压力将无限上升。泵出口阀门关闭的情况下长时间运行,易损坏泵内的轴承或将电动机烧毁。因此,滑片泵在使用中,应在排出口安装安全阀。

3.2 磁力泵

磁力泵伴随着永磁材料与磁力传动技术等高科技的发展,使得磁力泵的应用在欧美众多企业中成为主流。从当时使用磁力泵的化工厂所反馈的信息来看,使用磁力泵对于公司来说不仅仅是出于对安全和环境的保护的考虑,而且可以节省大量的资金^[6]。目前,我国有许多中小企业都在生产磁力泵,但磁力泵在我国的化工、石油和食品等行业中并没有成为主流。

3.2.1 工作原理

磁力泵通常由电动机、磁力传动器和泵三部分组成。其关键部件磁力传动器由外磁转子、内磁转子及不导磁的隔离套件组成^[7]。隔离套将内磁转子、介质和外磁转子隔绝,外磁转子、内磁转子相互组成了一个完整耦合的磁力系统。当电动机带动外磁转子同步旋转时,磁场能穿透空气间隙和非磁性物质的隔离套,作用于带动与叶轮相连的内磁转子上,使其同步旋转,实现非接触的力矩传递,从而达到驱动泵的目的。由此可见,磁力泵没有动密封,因此可以达到完全无泄漏。在石油、化工、制药、冶炼、电镀、环保、食品、影视洗印、水处理及国防等行业中得到了广泛应用,是输送易燃、易爆、挥发、有毒、稀有贵重液体和各种腐蚀性液体的理想设备。

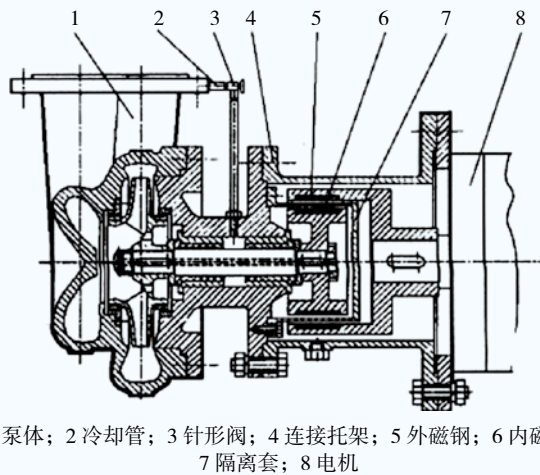


图2 磁力泵结构示意图

3.2.2 优点

同使用机械密封或填料密封的离心泵相比较,磁力泵具有以下优点:

泵轴由动密封变成完全封闭式静密封,彻底避免了介质泄漏。由于液体被封闭在静止的隔离套内,没有动密封,因而完全无泄漏;这是利用了磁力传动器传递动力、以静密封取代了传统设计中的动密封,从而解决了轴封泄漏的问题。

无需独立润滑和冷却水,降低了能耗。其轴承可以浸渍石墨等自润滑材料制造,并以被送液体进行自润滑;采用了部分工艺液体自润滑并冷却传动部件的独特润滑及冷却回路,省去了机械密封泵所需的冷却、冲洗等繁杂管路系统。

由联轴器或皮带传动变成同步旋转,不存在接触和摩擦,功耗小、效率高,且具有阻尼减振作用,减少了电动机振动对泵的影响和泵发生气蚀振动时对电动机的影响。

过载时,内、外磁转子相对滑脱,对电机、泵有保护作用。

3.2.3 磁力泵操作规程及注意事项

操作规程^[8]: (1) 灌注与排气在磁力泵启动前应先将泵内灌满液体,并开启泵的出口阀门及针形阀等,将泵体内及放气管内气体放空,要反复几次排气,直至泵中充满液体为止,待泵内灌满LPG后再关闭泵出口阀门; (2) 启动 完全打开入口管路阀门——关闭出口管路阀门——启动电机——缓慢打开出口管路阀门,调节出口阀直至达到正常工作压力; (3) 停泵 关闭泵的出口阀门——关闭电源——关闭泵进口阀门。

注意事项: (1) 停泵后重新启动程序 打开放气管阀门——放空泵及冷却管内气体——灌泵使泵体及吸入管内充满液体; (2) 冷却液流量调节 通过针形阀调节冷却液的质量流量; (3) 设置过滤网 操作介质中含有固体颗粒时,应在泵的入口处设置过滤网,以防隔离套被划伤或划穿。

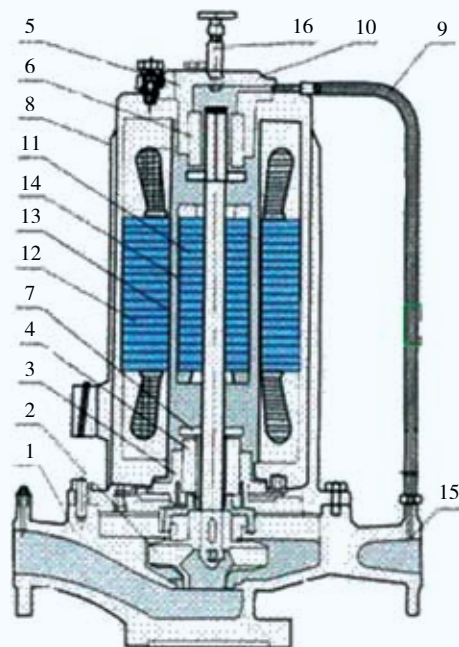
3.3 屏蔽泵

屏蔽泵问世已有80年历史,20世纪50年代后随着核工业、国防、化学工业等发展,安全和环保问题凸现,引起大家关注,进而提出设备运转无泄漏要求并开始研发屏蔽泵。到20世纪80年代已取得较好技术水平,现已日趋成熟。随着化学工业的发展以及人们对

环境,安全意识的提高,对化工用泵的要求也越来越高,在一些场合对某些泵提出了绝对无泄漏要求,这种需求促进了屏蔽泵技术的发展。屏蔽泵由于没有转轴密封,可以做到绝对无泄漏,因而,在化工装置中的使用已愈来愈普遍。

3.3.1 屏蔽泵的原理和结构特点

普通离心泵的驱动是通过联轴器将泵的叶轮轴与电动机轴相连接,使叶轮与电动机一起旋转而工作,而屏蔽泵是一种泵和电动机密封在一个被输送介质充满的压力容器内,如图3所示,此压力容器只有静密封。这种结构取消了传统离心泵具有的机械密封装置,故能做到完全无泄漏^[9]。屏蔽泵把泵和电机做成一体,电动机的转子和泵的叶轮固定在同一根轴上,用转子屏蔽套和定子屏蔽套将电机的转子和定子隔开,转子在被输送的介质中运转。



1 泵体; 2 叶轮; 3 平衡端盖; 4 下轴承座; 5 石墨轴承;
6 轴套; 7 推力盘; 8 机座; 9 循环管; 10 上轴承座;
11 转子组件; 12 定子组件; 13 定子屏蔽套; 14 转子屏蔽套;
15 过滤网; 16 排水阀

图3 屏蔽泵结构示意图

3.3.2 屏蔽泵的优点

全封闭。结构上没有动密封,只有在泵的外壳处有静密封,因此可以做到完全无泄漏,特别适合输送易燃、易爆、贵重液体和有毒、腐蚀性、放射性液体。

结构紧凑体积小。泵与电机系一整体，拆装不需找正中心。对底座和基础要求低，且日常维修工作量少。运转平稳，噪声低，不需加润滑油。

3.3.3 屏蔽泵的缺点

由于屏蔽泵大多采用石墨滑动轴承，用被输送的介质来润滑和冷却轴承，介质中有固体杂质、润滑性差的介质不宜采用屏蔽泵输送。在建设新管网阶段，过滤器的选型一定要准确，运行初期清洗滤网的频率较高。

屏蔽泵效率较低，长时间在小流量情况下运转，会导致轴承发热、使液体气化蒸发，从而造成泵干转，损坏滑动轴承。

3.3.4 屏蔽泵维护操作注意事项

(1) 运行前首先打开吸入侧阀门、反向回流阀门，打开排气阀和回流阀进行排气，确认气体全部排除后方可运转，否则容易损坏石墨轴承，发生事故；
(2) 启动后观察出口压力表，当压力指示到设计压力时，慢慢打开出口阀直到工艺要求的流量；(3) 观察TRG表，指针在黄色或红色区域，说明电机出现故障，请查找原因排除故障后运行；(4) 带冷却水套的屏蔽电泵，必须先按规定的冷却水量接通冷却水，然后开泵运转；(5) 在运转中，如发现异常声音或振动等，应立即停机。在没有查清故障原因且彻底排

除之前，不允许继续运转；(6) 屏蔽泵不得逆向持续运转；严禁空转，断流运转不得超过30s。

4 各类LPG泵的对比性分析

4.1 经济性

工程总投资经常在很大程度上指导着设备的选型，所以从经济性方面对比很有必要性。滑片泵适用于小流量，最大的流量一般只能在35m³/h。而大流量的时候应该选用合适的屏蔽泵或者磁力泵。根据个别厂家的报价，对滑片泵、屏蔽泵和磁力泵的经济性进行定性的比较。

从表1可见，滑片泵最便宜，即使滑片泵的流量比屏蔽泵大，价格仍较低。在同样的工况下，磁力泵比屏蔽泵更贵。

4.2 综合性能对比

从结构型式、优缺点和适用范围几方面对滑片泵、屏蔽泵和磁力泵进行综合性对比，以便于指导工程实际中的液化气泵选型。

5 结论

综上所述，对于小型储配站，因为流量小，可

表1 滑片泵、屏蔽泵和磁力泵的经济性比较

	流量 (m³/h)	扬程 (m)	功率 (kW)	价格 (万元)
滑片泵	35	20	11	0.87
屏蔽泵	27	20	7.5	1.05
	50	50	22	1.65
磁力泵	27	20	7.5	1.2
	50	50	22	2.2

表2 滑片泵、屏蔽泵和磁力泵的综合性能对比

	类型	优点	缺点	适用范围
滑片泵	容积式	结构简单紧凑，体积小；优异的自吸能力；调节范围广。	流量小，噪声大。轴传动，有泄漏点。	用于自动化程度低，规模小的储配站。
屏蔽泵	离心式	全封闭式静密封；结构紧凑体积小。	要求介质的润滑性好，效率较低。	用于自动化程度高，大中型，且投资控制严格的储配站。
磁力泵	离心式	全封闭式静密封；无需独立润滑和冷却水，能耗低；效率高；阻尼减振。	价格贵。	用于自动化程度高，大中型，且预算宽裕的场站。

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2011.12.003

几种挂表方式的技术经济比较与选择

□ 镇江华润燃气有限公司 (212008) 季 俊

摘 要: 燃气表作为燃气管网的终端计量设施,其安装位置有多种选择,本文就燃气表因安装方式及安装位置的不同而导致的工程造价、运营成本的变化进行简要的介绍。

关 键 词: 户内挂表 户外挂表 工程造价 成本分析

1 燃气表安装现状

燃气表的安装目前主要有户内挂表和户外挂表两种方式,我公司多年来一直采用的方式为:多层及高层住宅户内挂表,别墅户外挂表。

户内挂表是指:燃气立管从一楼厨房进户,垂直向上安装至顶楼,且每户预留三通,三通后接燃气表。

户外挂表是指:在一楼室外墙面适当位置设置表箱,燃气表集中安装在表箱内,每只燃气表后单独敷

设管道沿室外墙面引至每家每户厨房。

随着燃气用户数量的逐年增多,户内挂表的弊端亦日渐显现,主要有以下几点:

(1)抄表难。每次抄表都要与用户事先预约时间,挨家挨户抄表不仅耗时长(平均每户1min~3min)、体力消耗大(平均每个抄表员一个晚上要爬近400层楼,逾5 000级台阶),而且效率差、抄见率低。此外,抄表员入户,尤其是夏季入户抄表,也会给用户的生活带来不便。

以选用价格上占优势的滑片泵。而对于大型储配站,因为自动化水平高,附属设施多,安全性要求更高,可以选用零泄漏的屏蔽泵或磁力泵。需要注意的是,屏蔽泵效率较低,不容许长时间在小流量工况下运行,其价格较低。磁力泵的工艺性能好,但价格稍高。

参考文献

1 夏丽洪.在应对挑战中不断发展——“第十五届中国液化石油气国际会议”观点综述.液化气市场.国际石油经济, 2010; 5

2 煤气设计手册[M].中国建筑工业出版社, 1983

3 易捷.液化石油气输送泵装置特点及选型[J].水泵技术, 2004; 6

4 徐元昌.流体传动与控制[M].同济大学出版社, 1998

5 敬宇.滑片泵的特点及发展趋势[J].中国储运, 2008; 12

6 袁丹青.磁力泵传动技术的发展现状与展望[J].中国农村水利水电, 2010; 2

7 杨建玲.磁力泵的特性及应用[J].食品安全导刊, 2010; 8

8 赵菊娣.液化石油气磁力泵改造[J].石油化工设备, 2005; 7

9 彦宁海.屏蔽泵的性能特点及事故案例分析[J].西部煤化工, 2006; 2