

低温液体泵气蚀现象的分析及处理

彭晓顺

(武汉钢铁设计研究院燃气室,武汉市青山区冶金大道12号,430080)

摘要 分析了活塞式低温液体泵气蚀现象产生的原因,指出消除气蚀现象应从泵体设计、工程配管等方面着手。对已经建成的液体泵推荐了处理措施。图4参5。

主题词: 活塞式 低温 液体泵 泵体设计 工程配管 改进方法

一、前言

活塞式低温液体泵一般用来输送流量小、输出压力较高($\sim 15.0\text{MPa}$)的低温液体。低温液体泵的气蚀现象是困扰用户多年的问题,自80年代初国内为宝山钢铁公司1[#]制氧机配套低温液体泵至今,虽然经各部门的工程技术人员不断改进技术,气蚀现象还是时有发生。有的单位经过技术改造,取得了一定程度的效果,有的部门经过多次改造,终无回天之术,只得放弃或改用进口设备。

产生气蚀现象的低温液体泵的启动运行曲线如图1。低温泵刚开始运行时,泵后的输出压力稳步上升,达到一定的值后,压力急剧下降至某稳定值,此后压力不再升高。

本文试图从总体上对气蚀现象进行分析,包括泵体设计、工程配管,对已经产生气蚀现象的液体泵提出了改进办法。

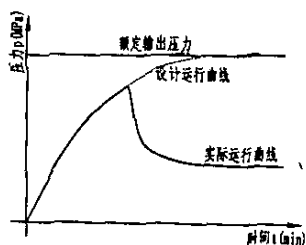


图1 低温泵产生气蚀时的运行曲线

二、泵体设计

产生气蚀现象的根本原因是液体泵吸液过程中吸入了饱和蒸汽,而排液过程又无法将吸入的蒸汽完全排除。经过多次反复,气缸中积聚的蒸汽逐渐增多,经过不断的膨胀和压缩,吸入和排除的液体量逐渐减少,直至每次仅排出少量的液(在泵后输配系统低压向外输出时)或完全不向外排液。

为了更简单描述气蚀现象发生时气缸中低温介质的工作情况,假定气缸中的气体为理想气体,在低温泵运行的最初阶段,气缸中吸入的气体在压缩过程中温度不变,在未达到额定输出压力时,泵后输配系统不向外输送。设活塞的余隙长度为 l ,活塞行程为 L (包括余隙),见图2。

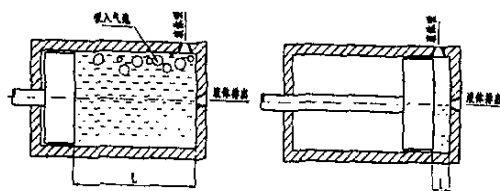


图2 气缸吸液和排液

低温泵在运行一段时间以后,随着吸入气体的积聚,在排液过程的末点,气缸余隙中一半为液体,一半为气体。该部分气体在此后的循环中膨胀后充满整个气缸,吸液过程不

再吸入液体,此时输出压力为最高可能达到的输出压力。设吸入压力为 P_1 (绝压),按理想气体方程:

$$P_1 \cdot L = P_2 \left(\frac{l}{2} \right)$$

$$\text{得 } P_2 = 2 \cdot P_1 \left(\frac{l}{L} \right)$$

设吸入压力 $P_1 = 0.12 \text{ MPa}$, $L = 30 \text{ mm}$, $l = 1.2 \text{ mm}$, 得 $P_2 = 6.0 \text{ MPa}$

如果该压力达不到用户所要求的压力(如充瓶压力为 15.0 MPa),气缸中的液体经不断的压缩后继续气化,气缸中不再有液体,上述方程式(1)变为 $P_1 \cdot L = P_2 \cdot l$, $P_2 = 3.0 \text{ MPa}$, 下降为最高值的一半。这与图1中的曲线是相吻合的。

通过分析可知,要避免气蚀现象,对泵体的设计和制造而言,应重点注意:

1. 尽可能避免吸入气体

吸入液体中带有气体是产生气蚀现象的根本原因,液体可能是在管路上气化,也可能在吸液过程中由于吸入阀阻力过大而气化。理论上液体在压缩过程中不会再产生气化。

2. 提高吸入压力

由式(1)可知,排出压力与吸入压力成正比,通过提高低温液体贮槽的压力是行之有效的办法,但对泵体而言,降低吸入阀的吸入阻力是必要的。

3. 增加活塞行程,减小气缸余隙

由式(1)可知,排出压力与 L/l 的比值成正比,在气缸余隙无法减小时,应设法增加活塞行程。

4. 防止液体在气缸中进一步气化

如果气缸壁温过高,也会导致液体在气缸中气化,普遍采用的泵头真空绝热是一种可靠的办法。

国外设计的低温液体泵设计非常精巧,如美国一公司的泵采用双重活塞结构(如图3),真正的气缸由连杆机构带动做往复运动,排液阀和活塞为一整体结构,固定在泵的端

头。整个泵头采用真空绝热,泵体自带气液分离器。该泵采用大口径的吸入阀,在吸入过程中,液体受压而进入气缸,在泵前压力一定时,相对提高了吸入压力。

三、设备布置和工程配管

关于设备布置和保冷计算已有专文⁽¹⁾论述,在工程设计时应注意以下几点:

1. 抬高低温液体贮槽的标高,增加泵入口低温液体的静压,加大入口液体的过冷度。
2. 尽可能缩短贮槽和低温液体泵之间的距离,减少该部分管道的冷量损失。
3. 采用适当的保冷计算方法和保冷结构,防止低温液体在管道中气化,确保进入泵的液体为过冷液体。

4. 在泵前(或泵体上)设置气液分离器。

5. 泵前入口管宜采用一定的坡度,有大小头时应采用下平底大小头,以防气阻。

6. 对采用筒式保冷的低温管道,应严格控制填充气用量,以免过度的冷量损失。

为达到气液分离的目的,国内低温液体泵采用高位平衡器进行气液分离,这种办法使得设计者不得不增加低温液体贮槽和低温泵之间的距离,同时也增加了工厂设计的难度。如有可能,应利用虹吸原理,让气体在低位返回贮槽。

四、改进办法

在实际生产中,有部分低温液体泵经多次调试和改造后还是无法正常运行,这里针对输送介质为液氧或液氮的液体泵提供一种新的改造方案。

一般生产液氧、液氮的厂家同时也生产液氮,可以利用液氮沸点低、价格便宜的特点,在低温贮槽至低温液体泵之间的液体管道上利用液氮管道进行伴冷,如图4所示。利用这种办法可使得低温泵的入口有较大的过冷度,消除气蚀现象。

伴冷管道可用口径较小的紫铜管,将伴冷管道紧贴在低温液体管的外壁,可采用纵

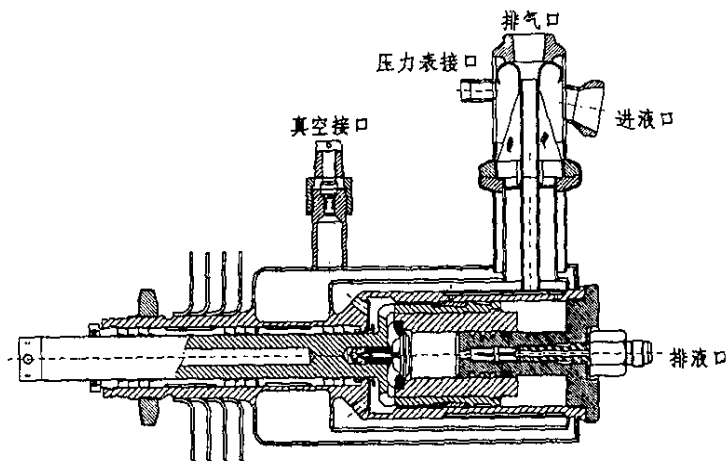


图3 引进的低温液体泵泵头结构

向排管的方式或采用缠绕的方式。为加强伴冷效果,增加管道之间的传热面积,可将紫铜管截面压成椭圆,再在伴冷管道的外壁上包扎1~2层涤纶薄膜。

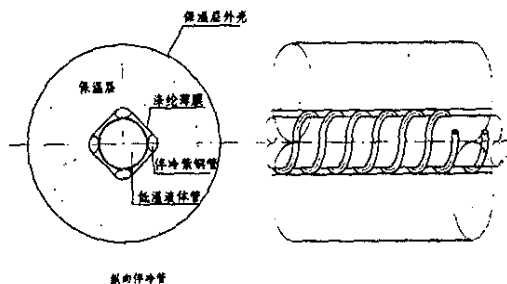


图4 伴冷保冷结构

五、结论

解决活塞式低温液体泵气蚀现象应从多方面着手,性能优良的低温液体泵由于具有泵前分离气液性能好、吸入阀阻力小、气缸余隙小和能防止低温液体在泵中的再次气化的特点,对设备布置和工程配管的要求不高,并可以在贮槽附近露天放置。而对采用普通结

构的低温液体泵,设备布置和工程配管应格外慎重,其关键就是保证进泵的低温液体具有一定的过冷度。如因场地的原因而造成低温液体泵和低温液体贮槽之间的距离过长或对已经建成而又无法正常运行的低温液氧、液氮泵,在过冷度无法保证的情况下,可利用液氮沸点低、价格便宜的特点,在低温贮槽至低温液体泵之间的液体管道上利用液氮管道进行伴冷。

参考文献

- 1 彭晓顺. 对低温管道保冷的计算方法的探讨.
- 2 Randall Barron. Cryogenic System
- 3 薄达. 低温液体输送管的技术探讨, 深冷技术, 1993(3)
- 4 齐振富. 杭氧产液氧泵工作不正常的原因分析. 冶金动力, 1997(3)
- 5 万景隆. 正确使用往复式低温液体泵的几个问题. 深冷技术, 1994(5)

(1998年3月30日收稿)

人才是企业的根本

技术是企业的生命