

屏蔽泵的汽蚀与结构设计

王达仁

(浙江衢化氟化学有限公司,浙江 324004)

摘要 针对从美国引进的屏蔽泵发生汽蚀,不能正常使用的情况,分析研究了特定条件下发生的汽蚀,并作了相应的结构改进,彻底解决了汽蚀问题。

关键词 屏蔽泵 汽蚀 汽蚀余量 有效汽蚀余量

屏蔽泵,美国人称做:Canned motor pump.日本人称做:Non-seal pump.国内则因为电机定子和转子都有屏蔽套而称为屏蔽泵。

由于泵的叶轮直接装在电机轴上,流体可进入电机空隙,结构上不需要轴向密封装置,完全不会发生介质泄漏,是毒性介质及价格昂贵液体输送的首选机泵。

1 问题的提出

浙江衢化氟化学有限公司基建阶段,先后从日本和美国引进一批屏蔽泵,大多数运转情况良好。但其中第二批从美国引进的两台屏蔽泵,在化工试车阶段,常发生汽蚀,经多次检修并增加低温冷却盘管,仍不见效。不仅启动困难,随着汽蚀不断发生冲击和振动,流量和扬程也达不到要求,使泵不能正常工作;而且经过短时间的使用就发生屏蔽套损坏、电机绕组烧坏事故,不得不停车大修。

该泵原设计工况为额定流量 $2.3 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 114 m ,输送介质 CFC₂₂,工作温度 -26°C 。但实际到货规格为额定流量 $6.8 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 114 m 结构为单级屏蔽泵,电机尾部附加辅助小叶轮以为循环液加压。

鉴于屏蔽泵结构上是由离心泵加屏蔽电机

组成,发生汽蚀也要从两个方面加以研究。

2 离心泵的汽蚀

离心泵的汽蚀条件是:当流体进入到叶轮的入口处,其压力降低到该液体在轮内的温度下蒸汽压力时,将开始发生汽蚀;或者表示为:当 $\text{NPSH}_A = \text{NPSH}_R$ 时,开始发生汽蚀。因此,要对现场安装条件及汽蚀余量进行核查。

该泵出厂特性试验报告注明:泵的必需汽蚀余量 $\text{NPSH}_R = 2.14 \text{ m}$ 。

有效汽蚀余量 NPSH_A 有如下关系式:

$$\text{NPSH}_A = H + h_s - h - h_L \quad (1)$$

式中 H —进液槽液面压力。

h_s —进液槽液面对泵轴线的安装高度差。

h —液体在泵入口处的饱和蒸汽压。

h_L —进液管路的压头损失,取 $h_L = 1 \text{ m}$

现场进液槽为 CFC₂₂冷凝液分离槽。其液面上的压力为操作温度相应的 CFC₂₂饱和蒸汽压,即 $H = h$,故上式(1)可简化为:

$$\text{NPSH}_A = h_s - h_L \quad (2)$$

开始发生汽蚀时: $\text{NPSH}_A = \text{NPSH}_R$,已知 $\text{NPSH}_R = 2.14 \text{ m}$,代入算式(2): $2.14 = h_s - 1$,
 $\therefore h_s = 3.14 \text{ m}$ 。因此要求进液槽液面与泵轴线的安装高度差应大于 3.14 m 。上述计算为泵在

设计点工作状态。考虑泵在实际运行时,工况的波动, h_s 还应留有余量,取安装现场实际 $h_s=5$ m。代入算式(2): $NPSH_A=5-1=4$ m。 $NPSH_A-NPSH_R=4-2.14=1.86$ m,有效汽蚀余量大于必需汽蚀余量1.86 m,能满足要求。

3 屏蔽电机结构对汽蚀的影响

屏蔽电机结构上有转子屏蔽套和定子屏蔽套,流体必须通过两屏蔽套之间隙,为电机绕组提供冷却,为轴承提供润滑。该泵电机功率为22 kW,电机损耗加上轴承磨擦损失,总损耗约为4.8 kW,绝大部分将转变为热能。

该泵在出口处引出一部分高压流体送入电机尾部,先后经过辅助叶轮、后轴承、屏蔽套间隙、前轴承,带走上述热量然后返回到泵的入口处,完成一个循环。

这股循环液体吸收了热量,由于其压力比较高,因此并不气化,而是提高了温度,约为6°C。但是当这股循环液回到泵的入口处,由于压力的骤然降低,而发生部分气化,这就要造成泵的汽蚀。这一现象可以从有效汽蚀余量的变化加以分析:随着循环液温度的升高,其饱和蒸汽压也相应提高,但液槽的温度压力并未改变。由于CFC₂₂饱和蒸汽压随温度变化比较明显,这

时算式(1)中之h值将明显增加,即有 $h>H$,从而使NPSH_A减少。由计算可知,这时NPSH_A将小于NPSH_R,汽蚀便不可避免。

4 改进结构设计,避免汽蚀

以上分析说明,该泵结构不适应现场的特定工况。

此外该泵工艺上需要高扬程、小流量,显然应该使用多级屏蔽泵,而外商提供的是较大流量的单级屏蔽泵,其额定流量6.8 m³/h是工艺设计的三倍,使大部分流量都在循环,造成能量的浪费。

为了解决上述问题,经研究我们与屏蔽泵专业制造厂合作,试制了两台专用屏蔽泵。在严格控制必需汽蚀余量的情况下,($NPSH_R \leq 2$ m)。改用逆向循环结构,把循环液从电机前部引入,先后经过前轴承、屏蔽套间隙、后轴承,然后送回到CFC₂₂贮槽的气相区,从而解决了汽蚀问题。同时改用四级屏蔽泵,把额定流量降到生产工艺的规定值,使泵的轴功率减少了三分之二,一年就可节省电力10万度。

现新泵投产使用10个月,运转良好,保证了工艺满负荷生产,维修费用也大幅度降低。

Cavitation of Canned Motor Pump and Structure Design

Wang Daren

Abstract: The canned motor pump imported from U.S. didn't operate normally because of cavitation caused under specific conditions. Therefore some improvements are made on its structure and the problems have been solved thoroughly.

Keywords: canned motor pump, cavitation, net positive suction head, available NPSH

(金伟荣校)

(上接第15页)

Comparative Study on the Synthesis Approaches of Acrylamide

Keywords: acrylamide, catalyst, acrylonitrile, biocatalyst, bio chemical process