

油罐阻油切水阀启动过程的研究

丛吉远**
(电子工程系)

杨君德 张国琛
(渔机系)

摘要 本文对油罐本安型阻油切水阀研制过程中的几个技术关键之一~二次启动进行了较详细的力学分析,研究了阻油切水阀的启动过程,分析了启动过程中液体在静止和流动两种情况下对浮球工作的影响,提出了启动机构方案。

关键词 切水;跑油;油水密度;流速;浮力

中图分类号 TE88

储油罐切水的安全可靠性至关重要,一旦失误跑油,既浪费了能源,污染了环境,还有可能引起火灾甚至爆炸,给人身安全造成严重威胁,对生产设备亦将造成破坏,产生严重后果。

目前国内外的石油炼厂,储油罐的切水有两种方式:人工切水和自动切水装置。人工切水的可靠性主要靠严格的管理制度和操作人员的素质来保证,近年来,由于操作人员脱岗,夜间切水油与水难以分辨等原因,跑油事故时有发生。目前的自动切水装置虽然各自的原理有所不同,但都具有传感元件,信号变换与放大,驱动执行机构等环节,不论哪个环节出现故障,整个系统都会失误。

总之,不论人工还是自动切水,都有发生跑油事故的可能。阻油切水阀的研制成功,使彻底杜绝油罐切水跑油事故的发生成为可能。

阻油切水阀的启动是研制阻油切水阀过程中的一个技术关键。

1 启动过程中几个需要解决的问题

1.1 初次启动时阀腔内气体的排放

阻油切水阀初次使用时,浮球落在阀座上,阀腔内充满空气,当自动切水装置开启或人工切水将罐根阀打开时,阻油切水阀与储罐相通,由于切水管在储罐内的进口部分是向下弯曲的,所以阀腔中的气体不能全部排出阀外。处于压缩状态的气体使浮球不能

* 收稿日期:1994-05-25

油罐阻油切水阀1992年获国家专利,92年12月通过中国石油化工总公司部级鉴定,并获中国石油化工总公司部级93年科技进步三等奖

** 丛吉远:1948年生,男,讲师,大连 116024

升起。气体的存在对启动后的正常切水也将产生不利影响,所以初次启动必须将阀腔内的空气全部排除。

1.2 再次启动存油的排放

当由于阻油阀的作用而停止切水,在切水即将结束时,油水混合液和乳化物进入阀腔,当液体比重下降到一定值时,浮球下落到阀座即执行关阀。关阀后,阀腔内少量的水与油品逐渐分离,与上述阀腔内存在气体将影响启动的情况一样,阀腔内的油品在下次启动时也必须全部排除,不然将同样会使启动困难。

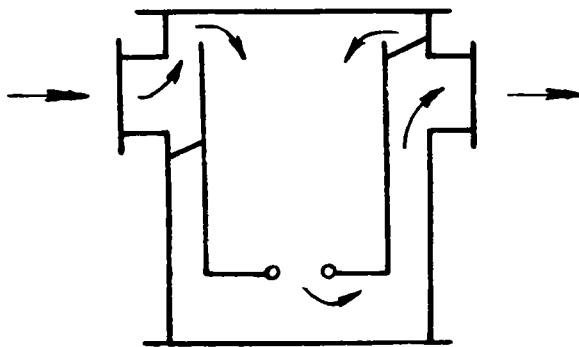


图 1 液体在阀腔中的流向

1.3 启动后的状态

浮球离开阀座后,阀腔内的液体开始流动,液体由静止变为流动体,这对阀的启动和正常切水将产生不利影响,因浮球的比重介于油品与水之间,在静止液体中,它能准确地识别油水界面,而在液体流动时动力因素将影响浮球的行为。

当流体在系统中流动时,根据连续方程得知流体的流速与系统中截面的面积成反比,即

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

设想在阀腔上部 A_1 处取一单位体积的介质 (1 mm^3 , 1 cm^3 或 1 m^3) 其质量在数值上相当于它的密度 ρ , 其动能为 $\frac{1}{2} \rho V_1^2$, 另外还有压力 P_1 作用在该单位体积上, 再加上位能 $\rho g Z_1$, 故它总的能量为

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 + P_1 + \rho g Z_1$$

同样,若不考虑流体在系统中的流动阻力,则在截面 A_2 处,该单位质量液体总的能量应为

$$\frac{1}{2} \rho V_2^2 + P_2 + \rho g Z_2$$

根据柏努利方程得

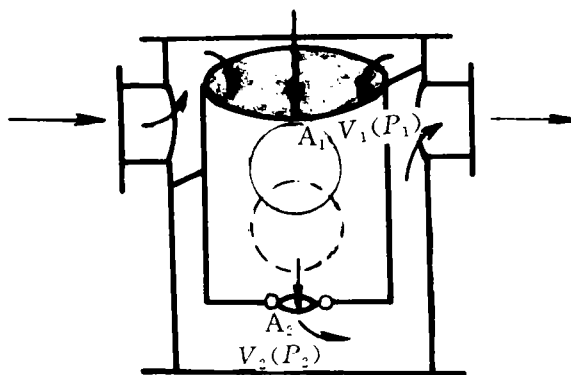


图 2 液体流动在浮球上下产生压力差

$$\frac{1}{2}\rho V_1^2 + P_1 + \rho g Z_1 = \frac{1}{2}\rho V_2^2 + P_2 + \rho g Z_2$$

例如,若阻油切水阀内套上口直径为 0.2 m,其下部排出口的直径为 0.05 m,假设流动介质全为水,密度为 1000 kg/m³,按一般正常切水流量考虑,内套上口的流速约为 0.25 m/s,算出上口与排出口的压力差:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) - \rho g(Z_1 - Z_2) \quad (1)$$

排出口的直径为上口直径的 $\frac{1}{4}$,故其面积为上口的 $\frac{1}{16}$,介质的流速则应为 $16V_1$ 或 4 m/s;上下口的高度差 ($Z_1 - Z_2$) 为 0.25 m,因此

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \times 1000(4^2 - 0.25^2) - 1000 \times 9.8 \times 0.25 \\ &= 7968.75 - 2450 = 5518.75 \text{ (N/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

在上式中,当阀的尺寸确定之后,等式右边的第二项为常数,所以处于阀腔液体中的浮球,受力的方向与大小只取决于浮球上下表面处的液体流速的变化。

实际上,当考虑水的粘性,柏努利方程应增加能量损耗项,即为

$$\frac{1}{2}\rho V_1^2 + P_1 + \rho g Z_1 = \frac{1}{2}\rho V_2^2 + P_2 + \rho g Z_2 + \xi$$

式中 ξ 就是由 A_1 处至 A_2 处沿途能量损失,因 Z_2 高度是固定的, V_2 由连续方程可知也是不变的,因此,由于考虑 ξ 项,其结果使 P_2 比用理想流体计算的结果偏小,压力差 $P_1 - P_2$ 就是比理想流体时增大。

另外,排出口的流通面积是随浮球的升降而不断变化的,因此介质的流速也随着浮球的升降而变化,压力差 $P_1 - P_2$ 也随着浮球的下降而增大,浮球将被吸住在阀座上,阻碍切水过程的正常进行。所以在启动过程中应尽量使浮球远离阀座,尽量降低浮球周围液体的流速,以减小浮球上下空间流体的流速差,从而减小浮球上下表面的压力差。

2 启动机构的研究

2.1 启动连动机构

由上述分析可知,启动时必须将阀腔内存留的空气、油和乳化物排出阀腔,我们在阀腔内安装了一个小球阀,小球阀的入口处于阀腔上部,启动时,采取机械提升的办法将浮球提高阀座,由于尺寸因素的限制,浮球提升 40 mm 左右(因该阀是一种安全阀,浮球的提升机构不便进行机械放大,以消除出现故障的可能性)。我们制做了一套连动机构,在提升浮球的同时将小球阀打开,在启动过程中小球阀与排出口同时排液,待空气、油和乳化物排完时,将提升机构复位,小球阀关闭,进入正常切水状态。实验证明采用这种机构启动,储罐压头在 8 m 以下,流量在 500 L/min 以下,能正常启动切水,如果超出这个范围,将出现启动困难或启动不开的现象(连动机构复位后浮球下落阀座而停止排液),这就限制了阀的使用范围(石油炼厂储罐高度一般为 7~15 m,大储罐切水排量一般约为 1000 L/min)。

在上述启动方法基础上,对应不同密度的油品对浮球的比重进行调整,尽管启动状况有所好转,但距我们期望的状况相差很大。

我们分析,利用上述方法启动困难,主要是由于在启动过程中,虽阀腔中存留的空气、油和乳化物经小球阀排出,但在小球阀打开的同时浮球离开阀座,阀腔上下两个部位同时向外排液,而阀口的直径远大于小球阀出口的直径,阀腔内液体主要经阀口排出,这时浮球离阀座较近,阀口处流速较大,当油品压头较低,流量较小的情况下还能启动。而当压头高流量大时,浮球上下表面的压力差增大,当启动机构复位时,浮球随之被吸向阀座,启动失败。

经过上述分析,我们改变了机械提升浮球的启动方法,在浮球阀座底面制做一个盖板,正常切水时,由盖板的自重作用而使阀口打开,当启动时,启动机构转动带动凸轮将盖板压向阀座而使阀口封住,盖板中间的一顶杆将浮球顶离阀座,同时,通过连动机构将小球阀打开,如此,在启动开始后,阀口被封住,处于阀腔上部的空气、油和乳化物等不断地由小球阀排出阀外,阀的入口处又不断地向阀腔内补充水,这时处于阀口附近的浮球如同在杯中一样,水位逐渐上升,浮球随着上升,当启动过程结束时,阀腔中的空气、油和乳化物已排完,浮球处于远离阀座的阀腔上部。

采用这种方法启动,经反复多次实验和生产现场检验,对不同压头,不同流量,不同油品的一次启动成功率达100%,启动时间一般在2~4s左右。

2.2 浮球护罩

当启动结束时,启动手柄复位,小球阀关闭,浮球阀座打开,水由入口进入阀腔流向阀座,这时在浮球上下表面产生很大的流速差,从而对浮球产生了上下的压力差,压力差的大小随着液体的流速大小而改变,在正常切水排量的流速下浮球会被吸向阀座。为此制做了一个护罩,护罩为圆筒形,开口朝下将浮球罩住,护罩侧壁钻有一定数量的孔,当液体进入阀腔时,由于护罩上底的阻挡,液体只能顺护罩外周流下,只有一小部分从护罩侧壁孔进入护罩内部,在正常

切水排量下,护罩外围液体的流速是很大的,而在护罩内部,由于护罩侧壁孔的节流作用,进入护罩内部的液体的流速大大减小,并且改变了流向,这样以来,护罩内部的流

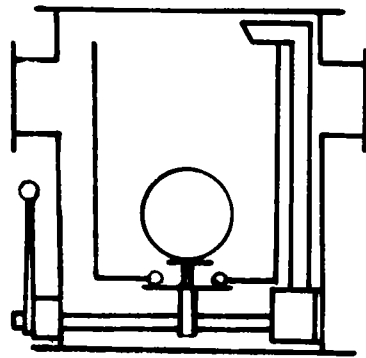


图3 阻油切水阀的启动机构

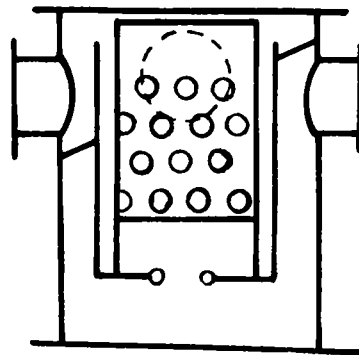


图4 浮球的护罩

速较护罩外部的流速小得多,而进入护罩的液体又是自上而下逐渐增多,所以护罩内部的流速是自下而上逐渐减小,并在距护罩上底的一定高度内不钻孔,这样处于护罩上底附近而又远离阀座的浮球几乎不受液体流动的影响,象处在静止的液体当中一样,如果阀腔内全是水,浮球会可靠地浮于护罩上部而不会下沉,切水正常进行。

当切水即将结束时,有乳化物和油品进入阀腔,在护罩外部油品很快地占据了水所占据的空间,在护罩内部,油品从护罩侧壁孔进入护罩内,逐渐将水置还出护罩,当护罩内部油品逐渐增多,混合液体比重逐渐下降时,浮球逐渐下沉,最后落到阀座而关阀。采用这种护罩即有利于启动,又能保证浮球见油关阀。

3 结束语

阻油切水阀自 1993 年初开始销往全国各地石油炼厂,到现在已销出 150 余台,用在不同牌号的柴油、航空煤油和汽油储罐上。经过一年多的使用,用户一致认为阻油切水阀的启动机构操作方便,安全可靠。

参 考 文 献

- 1 许维德.流体力学.北京:国防工业出版社,1979
- 2 朱之墀,王希麟.流体力学理论例题与习题.北京清华园:清华大学出版社,1986

A Study on Actuation of the Water-Draining Valve for Oil Storage Tanks

Cong Jiyuan Yang Junde
(Department of Electronic Engineering)

Zhang Guochen
(Department of Fishery Machinery)

Abstract The paper expounds on one of the key problems for the oil check valve—the actuation of the valve after a preceeding action of the oil-check process. The paper provides a dynamic analysis of the actuating process of the valve and the ball-float behavior in the flowing and non-flowing fluid. The design of the actuating mechnism of the valve is also introduced in this paper.

Key words water draining; oil discharge; density of oil and water; current velocity; buoyancy