

浅析阀结构对往复泵临界汽蚀余量的影响

姜新喜 范丘林

(沈阳双环泵业有限公司 辽宁 沈阳 110123)

摘要:凝析油具有易燃易爆、易气化的特点,在输送过程中需要无泄漏、高压。同时其汽蚀余量非常小。在该工况适合液压隔膜泵,对泵的汽蚀余量提出了苛刻的要求。本文在泵最易气化的位置——液缸内,对其临界汽蚀余量受吸入阀结构的影响进行了试验分析研究,筛选出合适的阀结构。在特殊情况下,对必须汽蚀余量要求比较苛刻的话,选用合适的阀结构,能获得较小的泵体结构。

关键词:汽蚀余量;往复泵;阀

0 引言

往复泵在小流量、高压力的工况使用较为广泛,其流量恒定,适用压力范围大、效率高等特点颇受用户青睐。如今随着天然气能源的兴起,在开采天然气过程中有凝析油需要输送。而凝析油具有易燃易爆、易气化的特点,在输送过程中需要无泄漏,保持高压。其输送工况多为小流量、高压,装置的汽蚀余量主要来自装置的落差,故其汽蚀余量较小。该工况适合选用液压隔膜往复泵,但同时对其泵的汽蚀余量提出了苛刻的要求。因此,本文在往复泵最易气化的位置——液缸体内,对其临界汽蚀余量受吸入阀结构的影响进行了试验分析研究。

1 液压隔膜往复泵的特点

往复泵主要有传动部件和液缸部件组成。传动部件的形式有曲柄连杆式等;液缸部件主要有柱塞式。往复泵的流量与压力无关,与柱塞直径、往复次数及缸头数量有关。往复泵的压力与流量及泵的几何尺寸无关,在其设计最大允许压力内均可使用。

其优点主要有:

- (1) 可获得很高的排出压力,且流量不变;效率非常高,可普遍达到 80%。
- (2) 泵的流量不随压力和介质粘度等参数的变动而变动。

鉴于以上特点,在小流量高压力的工况是工程师的首选。在往复泵的基础上加装隔膜组件,即为液压隔膜往复泵,该泵相较其他种类往复泵最大的特点是无泄漏,主要用于不允许泄露的工况环境。

2 吸入阀结构

对于小流量的往复泵,常用的阀组结构如图 1 有: a 为锥阀, b 为平板阀, c 为多阀组(平板阀), d 为球阀。锥阀和平板阀一般都加弹簧,利用弹簧力和阀的自重使其复位;球阀通常仅靠自身重力使其复位。锥阀常采用下导向,在导向板和阀座孔直径预留微小间隙进行导向,导向板与锥阀连接在一起,导向板多为 3~4 个;平板阀和球阀常采用上导向,利用平板阀或球阀外圆和导向套预留微小间隙进行导向,其导向板在阀上方的导向套内,导向板与导向套连接在一起,导向板多为 3~4 个。这些阀均为自动打开和关闭,

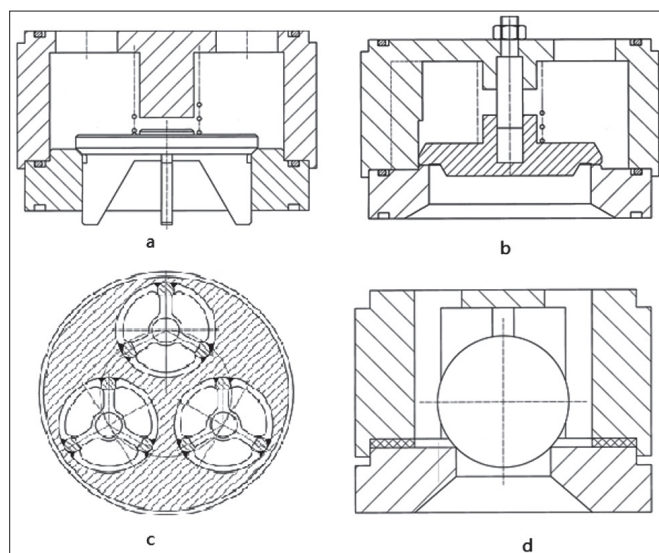


图 1 常用阀组结构

也称作自动阀。

3 往复泵的临界汽蚀余量

泵的临界汽蚀余量指受供货的泵橇内的管路及附件、入口阀组、液缸体内泵腔结构影响使介质处于即将气化还未气化的临界状态而损失压力值。压力损失越小,泵腔内压力,越不容易气化,泵的抗汽蚀性能越好。该部分参数还未发现有文献中公式对其进行描述,在此暂以下述公式表述:

$$NP_{IP} = P_{入} + P_{高} + P_{阀} + P_{加} + P_{腔} + p_{vp}$$

其中: NP_{IP} 临界汽蚀余量(临界净正吸入压力)(kPa)

$P_{入}$ ——泵橇内从入口法兰面中心点到液缸体的中心点的管路损失引起的压力损失(kPa)

$P_{高}$ ——泵橇内从入口法兰面中心点到液缸体的中心点的竖直高度差引起的压力损失(kPa)

$P_{阀}$ ——吸入阀组引起的压力损失(kPa)

$P_{加}$ ——泵橇内从入口法兰面中心点到液缸体的中心点的加速度头引起的压力损失(kPa)

$P_{腔}$ ——液压腔内部结构引起的压力损失(kPa)

说明:

(1) 以泵入口法兰面中心点,和泵的液缸体的中心点为基准取值计算。

(2) 入口管路上如有阻尼器, 则 P 加需要分段计算, 在此不做详细描述。

3.1 试验目的

API674 中定义在往复泵流量下降小于 3% 时, NPIPR 等于 NPIPA。此时液缸体内已超过临界点而轻微的发生汽蚀, 因此必须汽蚀余量一般都略低于临界汽蚀余量。本文试验的主要目的是通过测量泵腔体每次吸入时的最小压力来分析入口阀组的几种结构对临界汽蚀余量的影响, 即对 P 阈值的影响。

3.2 试验装置

降低泵的临界汽蚀余量即提高泵液缸体内的压力, 使其介质不气化。优化泵体的方法主要有: ①降低往复次数; ②优化进出口阀结构; ③选用合适的行程等。

本次试验主要研究不同阀结构对液缸内部临界汽蚀余量的影响, 对不同结构泵的汽蚀余量在不同参数下进行对比试验。因此选用 J7MM-4000/3.65 计量泵, 其行程可调, 便于改变行程, 以形成不同的试验条件。该泵往复次数为 145 次 /min, 柱塞直径 76mm, 行程 115mm, 试验介质为清水, 进口压力常压、出口压力 3.6MPa, 行程 80%。分别在两种管路下试验: A 管路: 入口不加阻尼器、出口安装阻尼器; B 管路: 出入口加阻尼器。

3.3 测量方法

试验中用压力传感器安装在液缸体中间位置进行取压采集数据。数据传输至由 PLC 进行处理, 其扫描周期小于 5ms, 单次取样误差最大 2.5%, 采用多次取样, 取最小值。试验分为两步: ①更换不同阀组进行试验, 每次试验时长为 5 分钟, 取样次数为 725 次。测量三次。②取第 1 条试验结果优先项进行调行程试验, 从 100% 到 10%, 再到 100%, 测量一个循环。

3.4 试验结果及其分析

在上述工况下进行试验, 其结果记录如表 1 不同阀结构的液缸内最小压力, 生成记录曲线如图 2 不同阀结构的液缸内最小压力变化。

阀结构分别为: ①锥阀 88 (金属)、②锥阀 88 (POM)、③锥阀 85 (POM)、④平板阀 85、⑤三阀组 45、⑥三阀组 52。

分析在 A 管路和 B 管路两种工况下对比各个阀结构的试验结果:

对比①和②, 同样的结构, ②的质量小, 液缸腔内压力高, 真空度低, 说明 (2) 结构汽蚀余量小;

表 1 不同阀结构的液缸内最小压力

单位: kPa	A管路			B管路			平均值	
序号	1	2	3	1	2	3	A管路	B管路
1	-27	-30	-28	-12.1	-11.6	-11.8	-28.3	-11.8
2	-25	-27	-25	-10.6	-10.2	-10	-25.7	-10.3
3	-20	-23	-20	-8.8	-9.3	-8.9	-21.0	-9.0
4	-26	-25	-27	-11.1	-11.6	-11.1	-26.0	-11.3
5	-30	-32	-30	-10.6	-10.2	-10	-30.7	-10.3
6	-18	-19	-19	-8.6	-9	-8.5	-18.7	-8.7

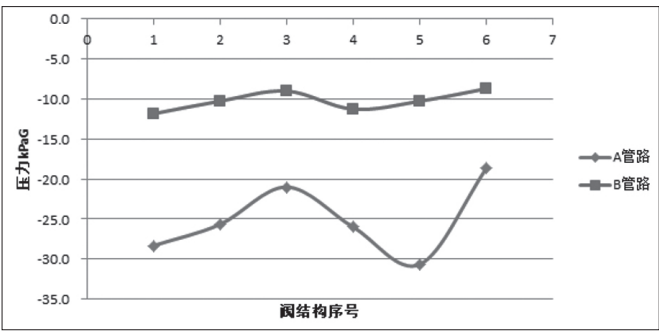


图 2 不同阀结构的液缸内最小压力变化

对比②和③, 同样的材质, ③的阀口直径小, 液缸腔内压力高, 真空度低, 说明 c 结构汽蚀余量小;

对比③和④, 同样的材质, ③为锥阀, 液缸腔内压力高, 真空度低, 说明 c 结构汽蚀余量小;

对比④和⑤, ⑤为三阀组, 包含 3 个小的平板阀, 每个的阀口直径为 45, 材质为 POM, 在 A 管路中, 装配④的液缸腔内压力高, 真空度低, 说明④结构的泵汽蚀余量小; 在 B 管路中, 装配⑤的液缸腔内压力高, 真空度低, 说明⑤结构汽蚀余量小;

对比⑤和⑥, 为三阀组, 包含 3 个小的平板阀, 每个的阀口直径为 52, 材质为 POM, 同样的材质, ⑥的阀口直径大, 液缸腔内压力高, 真空度低, 说明⑥结构汽蚀余量小;

在 A 管路和 B 管路两种工况可以看出, 锥阀的变化趋势是一致的, 平板阀的不一致。重复试验, 其平板阀的两次试验结果一致。但在汽蚀余量要求苛刻的装置中必须要加脉冲阻尼器的, 所以按 B 管路的考虑。

选择③, B 管路进行第二步试验, 试验记录如表 2 不同行程下液缸内最小压力, 液缸内压力平均值随行程的变化见图 3。

从图 3 可看出, 液缸内压力随行程的减小减小而增大。

4 结语

(1) 锥阀的质量越轻, 泵内压力越高, 汽蚀余量越小, 但要选到合适的阀口直径。

(2) 平板阀及多阀组的阀口直径 (总直径) 越大, 泵内压力越高, 汽蚀余量越小。

表 2 不同行程下液缸内最小压力

单位: KPaG	A管路		B管路		平均值	
行程	1	2	1	2	A管路	B管路
100%	-30	-29	-15	-15	-29.5	-15
90%	-25.5	-25	-11.3	-12	-25.25	-11.65
80%	-20.8	-21	-9.1	-8.9	-20.9	-9
70%	-19	-19.6	-8.5	-8.6	-19.3	-8.55
60%	-17.6	-17.2	-7.9	-7.8	-17.4	-7.85
50%	-14.3	-15	-6.6	-6.5	-14.65	-6.55
40%	-12.9	-12.8	-6.5	-6.3	-12.85	-6.4
30%	-6.5	-6.5	-6	-6.2	-6.5	-6.1
20%	-10.6	-10.4	-5.9	-5.5	-10.5	-5.7
10%	-10.6	-10.5	-5.7	-5.9	-10.55	-5.8

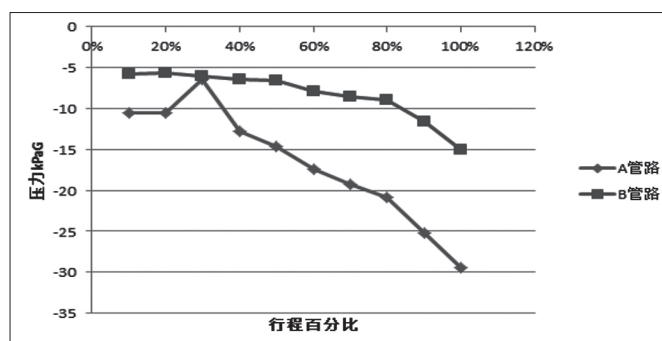


图3 液缸内压力平均值随行程的变化

(3) 平板阀相比锥阀, 安装平板阀汽蚀余量要小一些, 但平板阀的结构较大, 采用多阀组可提高阀口面积, 减小结构。

(4) 在阀结构已定时, 减小每个冲程的流量, 可以降低

低汽蚀余量。此方法与降低往复次数看似不同, 实则都是降低阀口流速。

注: 汽蚀余量对于往复泵常用净正吸入压力 (NPIP) 来表述; 对于离心泵用静正吸入压头 (NPSH) 来表述。前者是压强单位: 千帕 (kPa), 后者是高度单位: 米 (m)。两者以标准工况下水柱的高度及其形成的压力进行换算。

参考文献:

- [1] 《往复泵设计》编写组. 往复泵设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987, 15033-5826
- [2] 青井清司 (日). 柱塞泵内的压力变化 [M]. 袁天佑译. 安徽: 合肥通用机械研究所, 1976. 53-59
- [3] 小原正三 (日). 往复泵配管的各种问题. 傅振宗译. 安徽: 合肥通用机械研究所, 1976. 65-125

(上接第 90 页)

使刀片螺纹结构得到优化。我国的机械加工刀片螺纹结构研究不断取得突破, 并且很多新的刀片螺纹结构已经实现了产业化应用, 但是我国新材料研发技术比较缓慢, 需要加强对新材料的研发, 促使我国的螺纹刀片实现快速发展, 站在世界前列。

2.2 进刀工艺与信息化技术相结合

目前我国的信息产业高速发展, 人工智能技术也已经应用在诸多领域。在机械加工领域也应对进刀工艺进行持续改进, 能够对进刀工作模式进行创新管理, 通过人工智能方式对工艺实际情况进行判断, 自动生成高效率生产的程序, 实现先进机械加工工艺的有效工作。在机械自动化领域与信息化技术相结合, 使机械加工过程的工艺实现网络共享, 探索最先进的生产工艺, 进而通过实践验证的方式, 实现高效生产工艺。通过对不同生产工艺的对比, 得出效率较高并且能够达到质量要求的工艺流程, 实现在机械生产过程中的应用。进刀工艺的改进能够使数控机械运行效率提高, 机械加工过程的能耗也会因此降低, 机械加工企业的效益得到提高。应用高效的进刀工艺能够使机械零件的表面质量更好, 满足质量要求。机械加工企业应持续培养机械加工工艺研发人员, 根据企业发展情况, 对重点技术进行针对性研发, 保障企业的核心技术不断发展。企业应着眼于国际发展情况, 参照国外先进发展经验, 学习先进工艺技术, 实现高效率发展。

2.3 控制粗加工工艺

在机械加工过程中, 一般包括了粗加工过程和精细加工过程。粗加工过程主要对零件粗材料进行初步加工, 并为精细加工留有加工余量。此外, 粗加工过程还应为精细加工过程保留加工基准, 实现精细加工过程的可靠性。所以, 粗加工过程的合理性对精细加工过程有着重要影响, 机械加工企业应针对不同的加工过程分别设置质检人员, 使粗加工过程为精细加工过程提供有效保障。通过对粗加工过程的控制, 有效提高精细加工过程的合格率和精度, 满足零件标准要求。

3 结语

数控机械零件加工过程需要控制进刀工艺, 从而实现对零件尺寸精度和表面质量的控制, 并且通过控制刀片螺纹结构的优化, 实现数控机床的高效率工作。机械加工企业还应不断改进工艺, 提高企业技术水平。

参考文献:

- [1] 王郡良. 航空发动机矢量喷管导向球头座加工技术研究 [D]. 大连理工大学, 2017.
- [2] 褚鑫. 人工仿生复眼的光学设计仿真及其数控加工工艺研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2011.
- [3] 卢碧红. 虚拟数控车削加工精度预测系统研究 [D]. 大连铁道学院, 2003.