

闭环高压试验方案的研究

姜新喜

(沈阳双环泵业有限公司 辽宁 沈阳 110123)

摘要: 闭环高压试验方案解决了高入口压力泵试验的方案。闭环高压试验方案, 无需大型的前置泵和加热器, 以及大型试验台, 即可实现模拟现场入口压力高达 10.62 MPa、介质温度 80℃。本方案主要由主泵(需要试验的泵)、高压阀门、脉冲阻尼器、安全阀、溢流阀、高压容器、高压流量计、压力表、补压泵、压力调节阀、加热器、高压管路等组成。

关键词: 闭环高压试验; 模拟现场; 高入口压力

0 引言

随着社会的进步, 国家从各个环节促使工业产品提高节能环保价值, 技术附加值在产品整体附加值中的占比逐渐增大。工业产品的出厂检验, 如工业泵出厂试验, 是保证产品质量不可或缺的一个环节。尤其在石油石化等工业领域, 对泵出厂试验要求非常严格, 通常业主派代表进行现场见证。比标准中更严格的要求是模拟工艺工况进行试验, 如特殊的入口压力、温度、特定介质等工艺参数。本文结合本公司为 BZ28-2SN 项目生产制造的注水增压泵的试验要求——高达 10.62 MPa 入口压力、介质温度 80℃、48h 连续运转试验, 论述了闭环高压试验方案。BZ28-2SN 项目是中海油研究的一种新式的采油方式, 在渤海湾进行首次试验研究。

1 设备工艺参数及试验要求

设备名称: 注水增压泵; 额定体积流量: 69m³/h; 额定扬程 258m; 额定入口压力: 10.62 MPa; 额定出口压力 13.2MPa; 工作介质: 地下水; 工作温度范围: 60 ~ 80℃; 泵型式: BB3 (中开式多级离心泵); 材料等级: D-1 (双相不锈钢)。

检验试验要求: 模拟现场工艺工况条件, 在额定进出口压力及额定工作温度情况下连续运转 48h, 记录注水增压泵性能曲线和运转曲线, 检测压力平稳性是否满足用户要求, 检测振动速度有效值是否小于等于 3mm/s 等, 检查泵的可靠性和稳定性。试验介质为 60 ~ 80℃ 清水。

注水增压泵是油田注水系统中的重要设备。该设备用于注水系统的后段, 由于注水系统的压力不足, 对其进行增压, 然后注入地下, 以方便采油。注水增压泵需连续运转, 并且要求有高可靠性和高稳定性。

2 常规试验方案

离心泵试验通常是在入口常压, 常温的工况下进行出厂试验。但如要满足 10.62MPa 的入口压力, 首先需要一台参数为: 流量 69m³/h, 扬程 1083m 的泵作为前置泵, 其电机功率预计不低于 355kW; 其次需要一台大型加热器将试验介质加热到 60 ~ 80℃, 试验台水池 200m³, 按 100m³ 蓄水量计算, 预计初次加热器功率大于 2000kW, 加热 3h, 需要配电功率为 2500kW 大型试验台及大型的变电方案或发电方案。该传统方案结构复杂, 难度大, 安全性差, 其制造、安装、调试等工作费时费力, 整体试验设备花费巨大, 经济性非常差, 同时运行功耗非常大, 不利于节能环保。

3 闭环高压试验方案

闭环高压试验方案是解决了高入口压力泵试验的方案。闭环高压试验方案结构简单, 无需大型的前置泵和加热器, 以及大型试验台, 即可实现模拟现场入口压力高达 10.62MPa、介质温度 60 ~ 80℃ 的工艺工况条件进行试验。图 1 为闭环高压试验方案系统图。

闭环高压试验方案主要设备参数如下。安全阀: 设定压力为 11.7MPa; 溢流阀: 设定压力为 10.7MPa; 高压容器: 容积为 1.5m³, 承压 17MPa; 高压流量计: 承压 25MPa, 流量范围 10~100m³/h; 补压泵: 流量为 1.5m³/h, 最大压力为 15MPa, 电机功率为 11kW; 加热器: 加热功率为 30kW。

4 试验步骤

(1) 安装: 如图 1 安装闭环高压试验方案的各个部件, 先固定好主泵和高压容器, 再安装其他附件。

(2) 加注水: 高压容器容积为 1.5m³, 加上管路及泵, 总计需要水约 2m³, 加注清洁自来水。

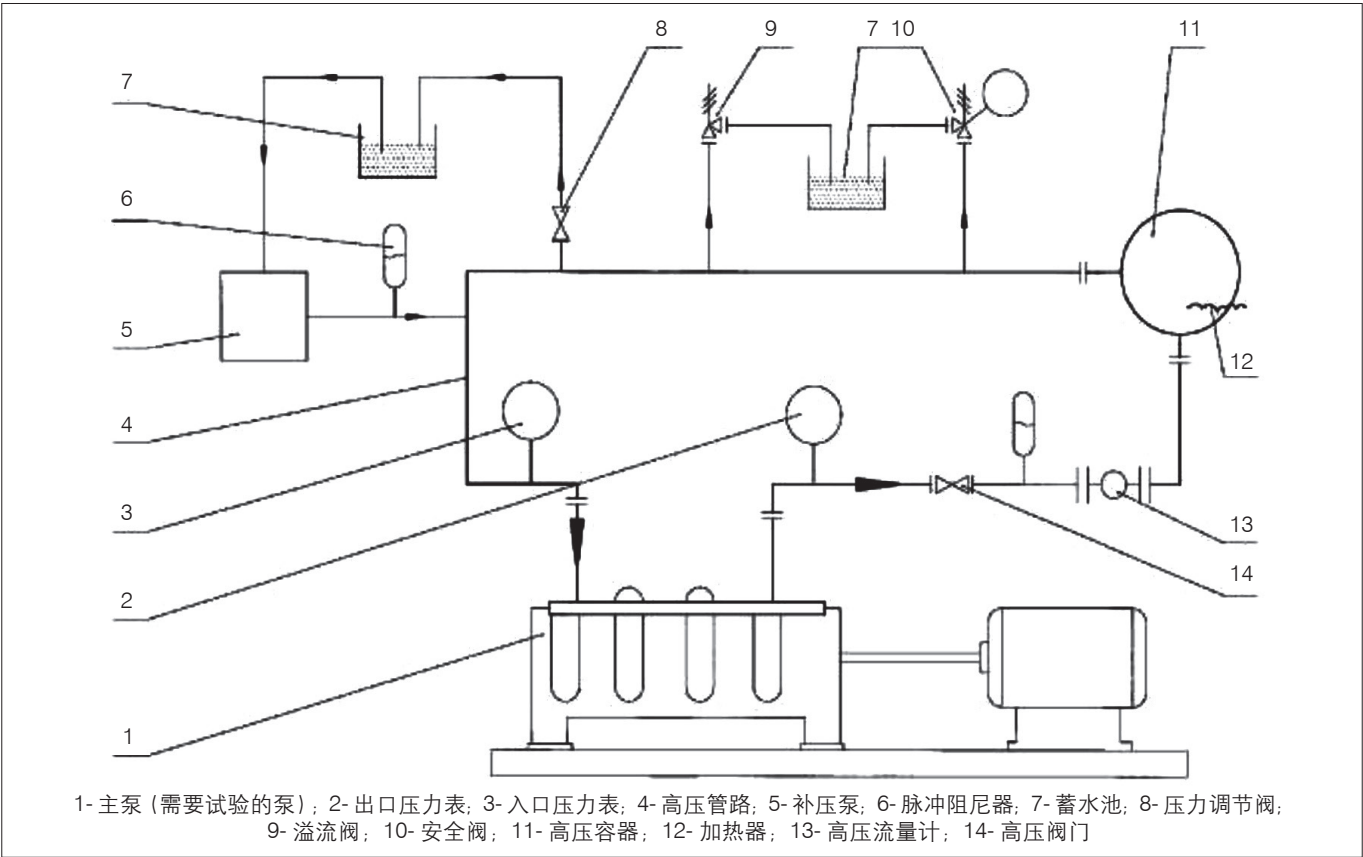


图 1 闭环高压试验方案系统图

(3) 检查密封性：断开安全阀和溢流阀，更换为设定压力为 16.5MPa 的安全阀，用补压泵升压到 15MPa（设计压力），检查各个密封处是否有泄漏，确认无泄漏后泄压，拆掉设定压力为 16.5MPa 的安全阀，安装原安全阀和溢流阀，进行下一步。

(4) 加热：用 30kW 加热器，将水由环境温度 5℃ 加热到 60℃，预计需要加热 4.5h。加热器安装在高压容器内。

(5) 启动泵：断开联轴器，点动电机，检查泵转向是否正确，转向正确后恢复联轴器；盘车检查泵和电机转动是否顺畅；检查润滑位是否合格等（与常规试验相同）。当水温到 60℃ 时，调低加热器功率到 30%，按启动按钮启动泵。当转速达到额定转数（2980r/min）后，逐渐开启泵出口的高压阀门。

(6) 升压：闭环高压试验方案现在处于低压状态，待运转正常后，用补压泵逐渐升压使入口压力升到额定压力。升压步骤：启动补压泵，调节压力调节阀，使泵入口压力逐渐升到额定压力。

(7) 运转：将流量、进出口压力调整到额定值进行运转试验，连

续运转 48h，每半小时记录一次。

(8) 温度控制：人工手动控制闭环高压试验方案温度在 60 ~ 80℃ 之间。

(9) 停止：关闭加热器、关小泵出口高压阀门（约到 10%），按停止按钮，关闭补压泵，打开压力调节阀泄压。检查泵（与常规试验相同）。试验结束。

试验现场照片如图 2 所示。

5 试验过程

该设备是沈阳双环泵业有限公司在 2021 年生产制造，并于 2021 年末进行出厂试验的，试验分两步进行。

(1) 预试验：此时试验介质未进行加热，同时试验

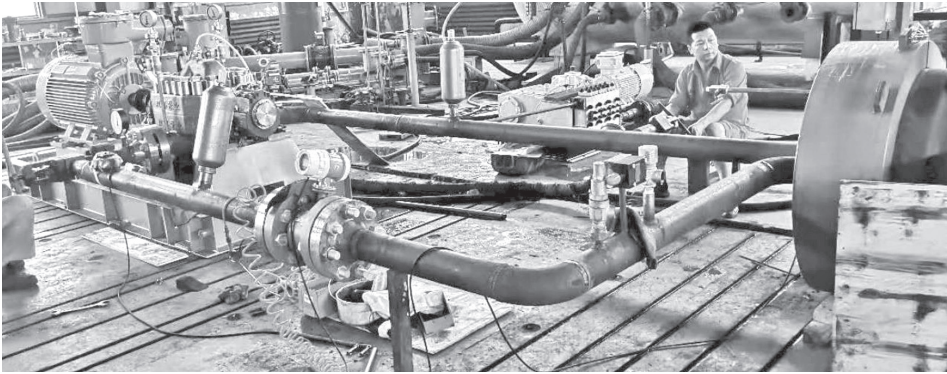


图 2 试验现场照片

管路上没有溢流阀和脉冲阻尼器。试验时发现手动控制压力调节阀很难把压力控制在一个稳定的区间。经分析研究后,在压力容器附近的管路上加装了溢流阀,在补压泵出口处和流量计前分别加装了脉冲阻尼器。溢流阀用于控制闭环高压试验方案系统内压力,当系统内压力升高时,手动控制压力调节阀不能够及时打开时,溢流阀打开,释放系统内介质,使压力不会升高太多。脉冲阻尼器用于减小闭环高压试验方案系统内压力脉动,使闭环高压试验方案系统内的瞬时压力波动不会超过设计值。

检测面板照片如图3所示。



图3 监测面板照片

(2) 正式试验:按步骤进行启动前准备。当试验介质温度加热到 50°C 时(与计划有偏离,但不影响试验),调低加热器功率到30%,启动泵。运转平稳后进行升压使入口压力到额定压力,整体运行正常。同时水温逐步上升,运行30min后水温超过 60°C ,关闭加热器。温度升到 66°C 后介质温度达到平衡。其他一切正常。试验人员分两班倒,每班4人,12h,轮换休息。买方代表在试验现场见证出厂试验,经48h连续运转检验,闭环高压试验方案运行稳定,试验成功。在试验结束时,应业主方人员要求,进行了先升压到额定入口压力,然后再启动泵的启动试验。启动时,压力稍有波动,一分多钟后,压力逐渐趋于平稳,启动过程约5min,之后运行半小时,整机运行稳定,未见异常。试验完成。

6 安全防护

(1) 试验人员依据车间管理规定穿戴好劳保防护用品、眼镜、耳塞等防护用品。

(2) 整个试验台处于高温状态,各个人员需按要求操作做好防护,注意防止烫伤。在泄压完成之前不允许在警戒区内任意走动。

(3) 试验压力为高压,对于机封、法兰密封面结合处,各试验人员需注意避开,不要靠近,以免发生意外事故。

7 结语

闭环高压试验方案有以下优缺点:

(1) 功耗小。只需要11kW的补压泵维持方案高压即可。为常规的前置泵功率355kW的3%。同时由于方案水量非常小(仅 2m^3),仅需30kW加热器即可,加热功率远远小于常规试验方案的蓄水池加热(2000kW)。

(2) 试验辅助设备少。由于补压泵和加热器功率小,无需配置大型发电机或大型配电站,以及配电柜等设备,主要辅助设备仅有高压容器和补压泵。

(3) 试验费用小。闭环试验方案仅需要一个配置为200kW的小型试验台即可完成。试验费用约为常规试验费用的10%。

(4) 闭环高压试验方案需要一个高压容器作为缓冲罐。缓冲罐的最小体积还没有详细的计算方法,有待于后续进一步研究。本次使用的罐体容积约为泵1min过流体积,通过试验结果看满足试验要求。

参考文献:

- [1] 杨占国. 增压注水泵试验装置的研制[J]. 流体机械, 1988(07):23-24.
- [2] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京:中国宇航出版社, 2011.
- [3] GB/T 3216-2016, 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级[S].
- [4] 林永池. 高温高压离心式煤浆泵的设计方案[J]. 流体机械, 2005(11):20-22.
- [5] 王其磊, 陈国栋. 多级离心泵转子的流固耦合特性及试验分析[J]. 流体机械, 2015(07):10-15.

作者简介:姜新喜(1982.05-),男,汉族,陕西蒲城人,本科,工程师,研究方向:泵设计及结构优化。