

# 压差式油水界面液位计

## Pressure Differential Oil-water Interface Level Gauge

柴 威 董鹏林 魏东坤 (中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459)

**摘要:** 采油工艺中, 原油分离器中的油水界面计量是非常重要的一个环节, 本文分析了目前通常采用的各类界面液位计优缺点, 并根据压差式液位计的原理, 提出了一种压差式界面液位计。这种液位计具有结构简单, 维护量小, 易于标定等特点, 适用于含杂质多、沉积物多、介质粘稠、乳化等各种复杂环境。

**关键词:** 界面液位计; 隔膜压差变送器; 远程标定

**Abstract:** The oil-water interfacial metering is a very important link in the production process, this paper analyzes the advantages and disadvantages of the various interface liquid level gauges, and puts forward a kind of pressure differential liquid level meter according to the principle of pressure differential liquid level meter. The liquid level meter has the characteristics of simple structure, small maintenance and easy calibration, and is suitable for various complicated environments including impurity, sediment, medium viscous, emulsification and so on.

**Key words:** Interface level gauge; Diaphragm differential pressure transmitter; Remote calibration

### 1 背景介绍

原油开采时, 从井中采出的原油一般都含有一定量的水, 原油含水过高会给储运造成浪费; 同时水中含有的盐类加速了设备、容器和管线的腐蚀; 在石油炼制过程中, 水和原油一起被加热时, 水会急速汽化膨胀, 压力上升, 影响炼厂正常操作和产品质量, 甚至会发生爆炸。因此外输原油前需进行充分脱水, 使含水量要求不超过 0.5%。

监控原油分离器的油水界面是保障脱水效果非常重要的一个环节, 油水界面过高, 势必影响下一级油水分离的效果, 最终可能导致外输原油的含水升高, 提高下游污水处理的成本; 油水界面过低, 将有可能导致大量的油污进入生产水处理系统污染水质, 甚至严重影响生产流程和设备的稳定运行。

然而由于采油工艺中许多外界的因素(如油水乳化等)的原因, 导致一些传统常用的液位计难以测量到准确液位, 工艺人员往往通过现场手动打开分离器油水界面看窗来确定水相液位, 不仅大大增加了工艺人员的工作量, 并且个人经验各不相同, 液位估算也无法保证准确度, 对于流程的调控带来一定风险。本文利用油水密度差的原理, 使用隔膜式压差变送器来实现液位的计量。



图1 分离器油水界面液位看窗

### 2 其他常用界面液位计特性

目前市场上常用作界面液位测量的液位计主要有以下几种:

#### 2.1 磁浮子液位计

使用最为广泛, 结构简单, 维修方便, 可通过在浮筒外侧增加磁翻板从本地可直观地观察液位变化。用于界面

液位测量时, 必须要求两种介质密度相差较大, 界面有明显的分层, 乳化度较低, 介质的粘度低, 流通性很好。对于采油工艺中可能出现的油水乳化情况不适用, 且此液位计维护量较高, 对于粘度高的介质容易形成浮子的卡阻。

#### 2.2 射频导纳液位计

准确度高, 传感器与介质直接接触。用于界面液位测量时, 必须要求两种介质有明显分层, 乳化度较低, 介质粘度低, 且两种介质的介电常数相差较大。对于采油工艺中可能出现的油水乳化情况不适用, 且一旦原油附着到传感器上, 液位计的测量精度严重下降。

#### 2.3 雷达式液位计

传感器与介质不直接接触, 测量准确度高, 寿命长, 几乎不需要维护。作为界面测量时, 要求两种被测介质有明显分层, 乳化度低。对于采油工艺中可能出现的油水乳化情况不适用。

#### 2.4 核辐射液位计

核辐射液位计通过使用放射性同位素发射  $\gamma$  射线, 测量穿透介质后剩余  $\gamma$  射线强度来进行液位计量的, 可靠度很高, 且能详细分析出容器内整个高度中所有介质的分层情况, 适用于含杂质多、沉积物多、乳化度高等各种复杂环境。但由于核辐射液位计技术含量较高, 整体成本也很高, 动辄达到几十万到上百万, 不适合广泛适用。

### 3 压差式界面液位计设计

#### 3.1 压差变送器



图2 法兰连接隔膜式压差变送器

压差变送器可检测两个取压点之间的压力差, 并根据量程将压差信号输出为 4~20mA 信号。隔膜压差变送器是

在压差变送器取压部分增加了隔膜密封系统，通过隔膜法兰与工艺过程接触，引压管线多采用毛细管，内部填充硅油。这样将传感器与工艺过程隔离开，大大提高了实际使用过程中的精度，并且可在石化行业广泛用于腐蚀性、黏稠性、含杂质等介质的液位、界面或流量测量。

### 3.2 压差液位计

利用容器内液位改变时，由液柱产生的静压也相应发生变化的原理，将压差变送器负压端接在容器内气相，正压端接在液相，制作成压差液位计。

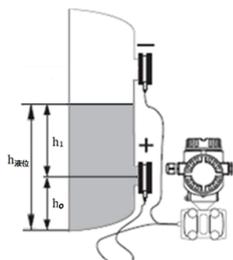


图3 压差液位计

已知被测液体的密度为  $\rho$ ，高压侧法兰距容器底部距离为  $h_0$ ，则液位差：

$$h_1 = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

可计算出容器液位：

$$h_{\text{液位}} = \frac{\Delta P}{\rho g} + h_0$$

两种被测介质密度相差越大，相对来说测量精度越高，对于含重组分较高的油田（密度  $> 0.92\text{kg/m}^3$ ）其原油密度与水比较接近，所以不适用此液位计。

### 3.3 压差界面液位计

利用两种不同密度的介质在分界面高度不同时造成差压的不同的原理，在分离器混合室安装隔膜式压差变送器，其中变送器高压侧连接在分离器下部，即浸在水中；变送器低压侧连接在分离器上部，即浸在油中。由此产生的压差值与油水界面高度有关，因此通过压差值的检测就可以推导出油水界面的位置。

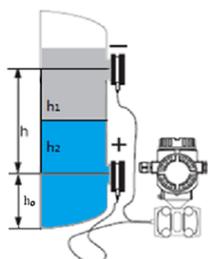


图4 压差式界面液位计

由基础公式：

$$\Delta P = \rho_{\text{油}} g h_1 + \rho_{\text{水}} g h_2$$

由  $h_1 = h - h_2$ ，可得：

$$h_2 = \frac{\Delta P - \rho_{\text{油}} g h}{\rho_{\text{水}} g - \rho_{\text{油}} g}$$

### 3.4 液位计的标定

调整工艺流程，将分离器油水界面降至液位计下法兰口以下，此时测量的压差值  $\Delta P$  为纯原油时的差压，根据公式：

$$\Delta P_{\text{油}} = \rho_{\text{油}} g h$$

可算出纯原油密度：

$$\rho_{\text{油}} = \frac{\Delta P_{\text{油}}}{g h}$$

调整工艺流程，将分离器油水界面降至液位计上法兰口以上，此时测量的压差值  $\Delta P$  为纯生产水时的差压，根据公式：

$$\Delta P_{\text{水}} = \rho_{\text{水}} g h$$

可导出全水时密度：

$$\rho_{\text{水}} = \frac{\Delta P_{\text{水}}}{g h}$$

将计算出的  $\rho_{\text{油}}$ 、 $\rho_{\text{水}}$  带入理论公式，即推导出油水界面液位。

$$h_{\text{液位}} = \frac{\Delta P - \Delta P_{\text{油}}}{\Delta P_{\text{水}} - \Delta P_{\text{油}}} \cdot h + h_0$$

### 3.5 过程控制系统组态

现场实际根据工艺人员需求，将油水界面液在中控显示分为 0~6 个水位，对应于现场分离器看窗的高度。

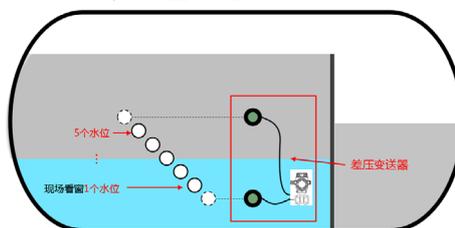
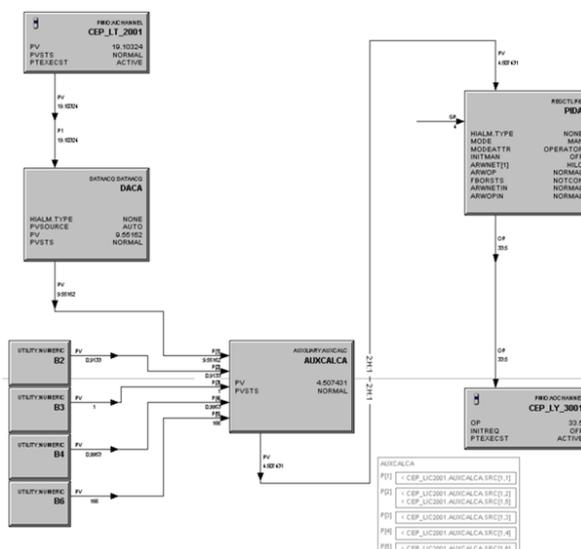


图5 现场安装示意图

不同 DCS 系统组态方式不一样，具体组态过程不再赘述。以本油田使用的 Honeywell PKS 系统为例，相关组态如下：



AUXCALCA 公式如下：
$$\left( \left( \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[1]} - \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[2]} * \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[3]} * 9.8 \right) / \left( \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[4]} * 9.8 - \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[2]} * 9.8 \right) * 1000 \right) / \text{CEP\_LIC2001.AUXCALCA.P[5]}$$

其中：P1 为测量的压差值 (kPa)；P2 为计算出的纯油密度 ( $\text{kg/m}^3$ )；P3 为液位计总量程 (m)；P4 为计算出的纯水密度 ( $\text{kg/m}^3$ )；P5 为每个看窗之间间距 (mm)。

通过在 HMI 人机交换界面增加油、水密度输入功能，操作人员通过调控流程液位即可实现油、(下转第 212 页)

与设备运行现场环境相符合,其次,制定检验方案,再次对设备进行清洗置换,设置安全防护牌,清洗打磨。当以上准备工作完备之后,开始现场设备的检验工作,针对设备的几何尺寸、表面塌陷、漏油、材质、厚度、密度等参数进行计算,检验管道连接气密性,与安全阀气密性。最后,将以上参数数据记录下来,向上级部门汇报总结。以设备的耐压试验为例进行分析,耐压试验是对主要焊缝进行无损性的探伤检验与抽查,该种检查方式主要针对存在瑕疵的设备进行检验。而针对无瑕疵、压力要求低、无毒、无腐蚀性介质的容器,可以不采用耐压试验。耐压试验一般每周两次,面向的是压力超高的设备<sup>[2]</sup>。

#### 4 结论

固定式压力容器是现代化工产业的重要生产设备之一,其本身具有的高压特质决定了其安全性对生产生活的

影响巨大,因此对其定期进行检验成为一种必然,本文主要从设计与制造过程中的缺陷检出和使用环境导致的安全问题,两个方面对固定式压力容器定期检验的重要性进行分析,认为首次定期检验对固定式压力容器缺陷的检出率很高,是定期检验的最重要组成部分,而后期的定期检验重点则主要取决于压力容器的工作环境以及工作状态。

#### 参考文献:

- [1] 冯晓刚,王超,鲁晓岩,韩贯凯.浅谈超期服役压力容器定期检验方法[J].中国特种设备安全,2020,36(09):80-83+88.
- [2] 薛红香,田裕,李强,张霞.基于失效模式的在役真空绝热固定式压力容器检验问题探讨[J].低温与特气,2020,38(02):51-54.

况,以便有针对性的制定进行维护保养。

#### 3 结语

综上所述,高压供电设备维护管理对于煤化工企业保证安全稳定生产至关重要,只有加强高压供电设备巡检、维护以及保养,降低设备故障率,才能确保生产活动顺利进行,避免不必要的安全事故,促使企业更好发展。

#### 参考文献:

- [1] 王晶斌.现代煤化工设备管理及维护保养技术探析[J].石河子科技,2018,000(005):46-48.
- [2] 田晓戈.浅谈煤化工电力设备检修及运行维护中的技术要点[J].中国化工贸易,2019,011(013):202.
- [3] 石兴华,文美军.浅析现代煤化工设备管理及维护保养技术[J].化工管理,2017,33(No.468):175-176.
- [4] 陈忠.煤化工企业的设备检修维护与管理研究[J].化工设计通讯,2017,043(001):57,84.

已成为油田工艺人员调节流程的一项重要参数。

压差式界面液位计除适用于轻质油田采油工艺,也为石油天然气、化工、发电等工业领域界面液位测量增加了一种新的方法,能够克服含杂质、乳化、高粘度介质对测量精度的影响。当介质物性改变时,操作人员在HMI画面上调节流程,即可实现液位计的远程标定,大大减少操作人员的工作量,具有很高的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 聂华.差压式液位计取压方法的研究[J].石油工程建设,2010,36(1).
- [2] 李洪伟.合理选用隔膜密封压力变送器[J].石油化工自动化,2008,5.
- [3] 刘敬文.双法兰差压变送器液位测量校验全面解析[J].石油化工自动化,2006,2.

#### 作者简介:

柴威(1986-),男,汉族,天津人,2009年毕业于天津工业大学电子信息工程系,获学士学位,技术职称为工程师,现任中海石油(中国)有限公司天津分公司辽东作业公司仪表工程师,从事石油化工仪表自动控制工作。

(上接第210页)定、持续运行,有效降低故障发生率。

#### 2.4 定期更换保护装置

保护装置是高压供电设备的重要组成部分,可以对各项电气设备起到一定的保护作用,避免因系统故障导致设备损坏。近年来,由于科学技术快速发展,保护装置也在不断更新迭代,新型保护装置的性能更好,智能化程度更高,因此建议企业定期对保护装置进行更新,包括锅炉辅机保护装置、高压开关柜保护装置等,应逐步进行更新换代。

#### 2.5 定期进行停机检修

煤化工企业在生产过程中,为保持生产持续性,高压供电设备的维护管理工作基本上都是在不停电状态下完成,这就使得维护管理工作具有一定的局限性,基于此,企业高压供电设备维护管理部门应制定合理的大修计划,定期与生产部门进行协调沟通,对高压供电设备进行停机全面检修,以准确掌握高压供电设备各部分零部件的运行状

(上接第209页)水密度的测量,在操作画面上修改参数即可实现液位计的远程标定,简单直观,无需人员去现场手动标定变送器。

#### 4 应用情况及存在的问题

在实际生产过程中,由于流程的波动以及油水物性的轻微变化,会导致计算值与真实值有所偏差。因此在求取水密度过程中,应尽可能多次测量数据(全油/全水压差),计算其平均值,可减小油水密度测量的误差。

压差测量值相对较小,应尽可能选用小量程、高精度等级的压差变送器。液位计上下法兰间距越大,产生的压差也会越大,相对来说液位测量的精准度也会越高。

此外,压差界面液位计产生压差变化的根本原因是两种介质的密度差,如两种介质密度较为接近时(如重质原油和水),采用这种液位计会产生较大的误差。

#### 5 总结

经过半年多的现场的实际使用,效果良好,各分离器测量出的水相液位基本能和现场看窗实际水位保持一致,原油岗原定每小时的水相液位巡检缩减为半天一次,减轻了人员工作量,又有效的消除了原油进入污水系统的风险。