

# 油罐自动脱水器原理分析及性能比较

## 一、概述

在罐区的日常操作中，油罐脱水是必不可少的一项重要工作。原油在开采、运输、装卸的过程中，都会不可避免的带进去水，必须脱水后才能进到常减压装置，否则会造成冲塔、着火（冲塔的原因是水的汽化膨胀比比油大得多，加热汽化后，水急剧膨胀，导致分馏塔内压力过高。最后的结果是：轻则原油直接冲到各个分馏管线中，污染管线，重则将分馏塔塔或管线冲裂，热油喷出，导致着火）。在炼油的过程中，成品油也会因加工工艺的原因，不可避免的带水，必须脱水后才能出厂销售。

长期以来，石化系统主要靠人工完成脱水的工作。

人工脱成品油罐的水时，因为水和油的颜色区别小，都是无色透明的液体，脱水主要依靠经验观察是否已经脱完。（因为水比油重，水和油落到池子中的声音不一样；因为水的表面张力比油大，水滴落到地面成珠状，油落到地面是发散的。）

人工脱水劳动强度大，脱水带出的有毒气体会对人体造成一定的伤害，并且，脱水的可靠性完全建立在操作工的责任心上。不少单位都因为脱水操作工的失误造成过跑油或冲塔甚至着火事故。

随着技术的不断进步，各个厂家开发出了各式各样的自动脱水器，完成油罐的脱水工作，并且已经得到了普遍的应用。

采用自动脱水器，可以减轻工人的劳动强度，避免有毒有害气体对人体造成伤害。自动脱水在任何环境条件下（刮风、下雨、严寒酷暑、白天黑夜）都可以工作，连续脱水，脱水速度快，可以减少原油在罐中的停留时间，节约企业的财务成本，可以提高罐区自动化的水平，加强管理手段，提高管理水平。

油罐自动脱水，看似一个很简单的问题，很多厂家也采用简单的密度差的原理，利用简单的机械浮球解决了轻质油罐的自动脱水问题。

但是由于原理的局限性和结构的缺陷，这种脱水器不能很好的解决原油、重油和污油的自动脱水问题。

## 二、可用于油罐自动脱水的各种原理

### 1、油和水的特性差异

油罐脱水的原理都是建立在油和水的特性差异基础上的。

经初步分析，油和水有以下 13 个方面的特性差异：

**(1) 气味差异。**油和水有明显的气味差异。

**(2) 表面张力差异。**水的表面张力比油的大，因此，油的扩散能力、渗透能力都比水的强。水落到地面成珠，油落到地面发散。

**(3) 颜色差异。**水和成品油特别是轻质油的颜色差异不大，但是和原油的颜色差异较大。

**(4) 密度差异。**一般油都比水轻。水落到脱水池的声音和油的不一样。机械浮球式的脱水器就是根据油水密度差设计的。浮球式接点开关油水界位计、微差压式油水界位计、磁致伸缩式油水界位计、伺服式油水界位计等，都是利用密度差的原理设计的。

人工脱水一般都是利用油和水的这四个特性差异来判断水是否已经脱完。

**(5) 电导率差异。**油是不导电的，而从油品中的沉降出来的水因为含有盐，因此具有很强的导电能力。通过测量两个极板之间的电阻，就可以判断油水界面。

**(6) 介电常数差异。**一般水的介电常数是油的 45 倍左右。电容式油水界位计、射频导纳油水界位计都是利用这一原理设计的。

**(7) 导光性能差异。**根据油和水具有不同的光透过率，可以设计对射式光电油水界位计。油和水具有不同的光折射率。如果光在水中发生全反射，则在油中将发生折射。光纤油水界位计就是利用这一特性设计的。

**(8) 导热系数差异。**水的导热系数比油的要大得多，也就是水传热比油快得多。如果对一热敏电阻（负温度系数）通一恒定电流使其发热。热敏电阻处于水中时的电阻值会比处在油中时大，热敏电阻两端会有不同的电压值。

**(9) 微波吸收能力差异。**水对电磁波，特别是微波，有很强的吸收，而油对电磁波的吸收很小。（微波炉就是利用微波的这一特点来加热食物的。微波炉也只能加热含水的食物）。根据这一特性，可以检测油水界面，还可以检测油中的水含量。还可以利用微波加热的方法检测油水界面。微波只对水有加热作用，对油没有加热作用。从二次脱水罐的某一位置用一根细的非金属管采样，对流过采样管的介质采用微波加热，同时检测流出采样管的介质的温度。如果温度较高，则流出的是水，温度较低，则流出的是油。用此方法就可以检测油水界面。

微波除了能被水吸收外，还具有直线传播、遇到金属被反射的特点。脱水器

中的微波收发探头发射微波，当发射的微波被脱水器的金属壁反射回来被探头检测到时，说明探头周围的介质是油；探头检测不到发射出去的微波时，说明探头周围的介质中含有水。

**(10) 比热差异。**水的比热比油的大得多。因此对同样体积的水和油，用同样的功率加热，油的温度上升快。从二次脱水罐的某一位置用一根细的保温管采样，对流过采样管的介质直接加热，同时检测流出采样管的介质的温度。如果温度较低，则流出的是水，温度较高，则流出的是油。用此方法也可以检测油水界面。

**(11) 超声方法。**水和油对一定频率的超声波的吸收和反射不同。方法有多种，如脉冲回波法、共振法、频差法以及声衰减法等，其中应用最多的是脉冲回波法。

**(12) 热值差异。**油是可以燃烧释放热量的，而水不能。因此采用“冷焰反应”的方法可以检测油水界面。

**(13) 粘度差异。**在同样的温度条件下，油和水存在着粘度差异。

## 2、油水特征差异分析

成品油罐的油品品种单一，性质相对稳定，并且，油水密度相差较大，一般的脱水器都能正常工作。相比之下，原油的情况就复杂得多。

1、原油品种多，性质复杂。原油密度变化大，并且有些原油密度与水的密度相近，用浮球的原理无法判断油水界面。

2、污染严重。原油粘度比较大，并且原油中含有多种胶质、杂质，容易对检测传感器产生污染。基于密度原理的浮球传感器被污染后，整体“视在密度”发生了变化，使油水界面检测失灵，污染物、附着物甚至有可能使其不能随界面浮动。基于其它原理的传感器被污染后，传感器信号都将发生变化，影响油水界面的准确检测。并且这种影响会随时间逐步加大，最后致使传感器无法工作。

3、原油的密度变化范围很大，从 0.75 到 0.96。浮球式的脱水器很难适应其变化。一般的脱水器都是建立在检测油水界面的基础上。在原油罐中，因为其特有的性质，特别是密度与水相近时，很难有一个相对清晰的油水界面，除非在一定的温度下沉降足够长的时间。

4、乳化层的影响。在油和水之间，没有明显的分界面，而是存在一个厚薄不一

的乳化层。乳化层处于油水胶着状态，由带电荷的微粒组成，微粒直径从微米级到毫米级，下部微粒是水包油，乳化层的上部微粒是油包水，并且存在有胶质，相对比较稳定，难以用沉降的方法将油水分开，使界面清晰。由于乳化层的复杂性，增加了油水界面检测的难度。

5、腐蚀的影响。原油中含有多种腐蚀性物质，能对传感器产生腐蚀，影响传感元件的可靠性和寿命。

6、温度影响。为增加原油的流动性，原油罐一般都处于加热保温状态，温度相对较高，传感器由于受温度的影响，信号不稳定，可靠性差，给脱水增加了难度。

### 3、自动脱水器的现状

能用于自动脱水的油水特性差异有：密度差异、介电常数、电导率差异、微波吸收能力差异、导光性能差异、超声波回波差异、颜色差异、粘度差异等。

(1)密度差异：这种原理最简单，也是人们首先想到的方法。目前在现场使用的也主要是利用这种原理设计的脱水器，只是不同的厂家有不同的结构形式。这种脱水器用在轻质成品油罐的脱水上是比较成功的。主要是因为轻质成品油和水的密度差异比较大，并且密度变化很小，污染也很小。

在原油脱水上，还没有应用得非常成功的例子。主要原因是：

原油密度不固定，变化范围比较大。原油和水的密度差比较小，产生的浮力不大。污染严重。原油成分复杂，粘附性较大，容易粘在浮球上，使浮球的整体密度发生变化。

(2)介电常数、电导率差异：利用这种原理检测油水界面的传感器曾经在自动脱水器上使用过，但是没有成功。

主要原因：

1) 电导率原理的传感器的电极被污染后就出现断路，检测不到水的真实的电导率。

2) 介电常数原理的传感器的极板电容不仅受温度的影响，同时也受污染的影响。

3) 影响极板电容的主要是水，水中含有少量的油时，不会影响极板电容的大小，因此容易出现跑油事故。

(3)微波吸收能力差异：国内外有几个厂家都曾经利用这种原理实现自动脱

水。

介电常数的原理和微波吸收的原理都可以用于油中水含量的检测，但是仅限于含水量在 10% 以下的检测。所以不适合用于水中含油的检测。在油罐脱水中，需要检测的是水中的油含量。采用这种原理是没法实现的。

为了利用这种原理达到自动脱水的目的，就必须保证二次脱水罐中油水界面清晰。在实际应用中，动态的二次脱水罐中，很难做到“油水界面清晰”。为防止跑油，一般采用间断脱水的方法：两个传感器都检测到是水的时候，开阀脱水，开阀一段时间后，不管传感器是什么信号，都关阀。延时一段时间，等二次罐中界面清晰后，如果两个传感器检测到的都是水，则再开阀。

这种原理存在两个方面的不足：

1) 传感器容易被污染。

2) 脱水速度受原理限制。

3) 受温度影响比较大。传感器的探头是微波发射和接收部分，探头与信号发射、信号处理的电路部分不能相隔太远，以免引入干扰。电子电路都有一定的使用温度条件，超温可能导致器件的损坏。传感器本身也受温度的影响。

#### 4、导光性能差异

有光纤油水界面计可以检测油水界面，但是没见应用成功的例子。光器件是最怕污染的，无论是成品油还是原油，都是容易被污染的环境。

#### 5、颜色差异

理论上，这种原理用在原油脱水上是可行的。通过控制调节阀的开度达到控制排出的水的颜色的目的。目前这种原理的脱水器还没见过，实现的难度大，成本高。

#### 6、粘度差异

油和水，在任何温度下都存在粘度差异，可以将油和水分辨出来。一般在线检测粘度的分析仪都需要在恒温的条件下工作，不仅造价很高，而且滞后时间较长，不能满足脱水的要求。因此还没有直接采用这一原理的脱水器。

#### 7、超声波回波差异

这种原理要求油水界面清晰，密度或粘度差异大。

综上所述，油水特性差异有 13 个，可用于油罐脱水的有 6 个，实际已经用

了的有 4 个，在原油脱水方面用得比较成功的还没有。

这些原理都有一个共同特点：需要稳定的油水界面。在流动的过程中，油和水的密度相近时，如果停留时间不够长，很难建立稳定的油水界面。只有通过增大缓冲罐的容积才能延长停留时间，加大脱水速度。

### 三、脱水器的原理分析

目前，几乎所有的脱水器都是基于油水界面的检测，因此，脱水器中都有一个脱水罐。实际上，在油罐中已经分层了的油和水，经过管道进入脱水罐的过程中，因为产生湍流，又混合在一起了，需要重新沉降、分层，因此，这种脱水方法比人工脱水的速度要慢。

有缓冲罐的脱水器的脱水速度可以通过下面的公式计算出来：

$$\text{脱水速度} = \frac{\text{脱水罐容积}}{\text{停留时间}}$$

停留时间与油滴的上升速度有关。

停留时间=油滴上升高度 / 油滴上升速度。

油滴上升速度可以用斯托克斯公式计算：

油滴上升速度  $u_0 = (1/18) \times [(\rho_w - \rho_0) / \mu_w] \times g d_0^2$  （斯托克斯公式）

式中：  $\rho_w$ ——水密度，  $\text{g/cm}^3$ ；

$\rho_0$ ——油滴密度，  $0.67\text{-}0.94\text{g/cm}^3$ ，取中间值  $0.8\text{ g/cm}^3$

$\mu_w$ ——水的动力粘度（绝对粘度），  $35^\circ\text{C}$  为  $0.00653\text{g-cm/s}$ ；

$d_0$ ——油滴直径  $20\text{-}100\text{ }\mu\text{m}$ ，取  $50\text{ }\mu\text{m}$ ；

$g$ ——重力加速度，  $980\text{cm/s}^2$ 。

$$\begin{aligned} u_0 &= (\rho_w - \rho_0) g d_0^2 / 18 \mu_w = (1 - 0.8) \times 980 \times (50 \times 10^{-4})^2 / (18 \times 0.00653) \\ &= 4.17 \times 10^{-2} \text{cm/s} \end{aligned}$$

假设在脱水器的缓冲罐内油滴上升高度为  $30\text{cm}$ ，停留时间  $T$  为：

$$T = 30\text{cm} / 4.17 \times 10^{-2} \text{cm/s} = 720\text{s} = 0.2 \text{ 小时}$$

假设脱水器的有效容积  $V$  为  $200$  升，则脱水速度  $W$  为

$$W = V / T = 200 \text{ 升} / 0.2 \text{ 小时} = 1000 \text{ 升/小时} = 1.0 \text{ 吨/小时}。$$

即  $\Phi 650\text{mm} \times 70\text{mm}$  的脱水器的脱水量为 1.0 吨/小时。

从上面的计算可以看出，

(1) 温度越高，水的粘度越小，停留时间越短；

(2) 油滴直径越大，停留时间越短。没有安装回油管的脱水器，会使已经在原油罐中分层的油和水因为湍流再次混合在一起，减小油滴直径，延长停留时间。

(3) 油品密度越大，停留时间越长。

(4) 采用缓冲罐形式的脱水速度比较小。

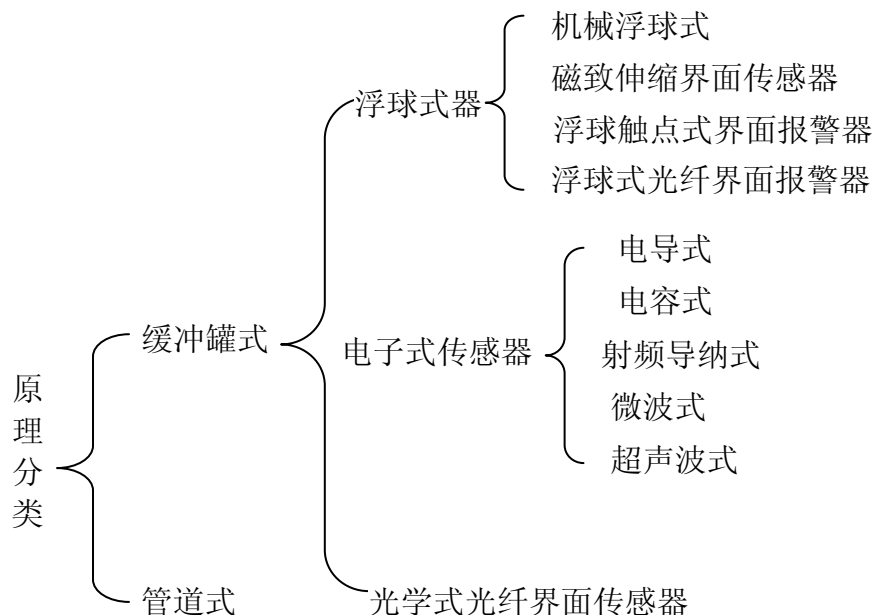
#### 四、脱水器的发展动向

到目前为止，用得最广泛的还是机械浮球式的脱水器，由于这种脱水器固有的局限性，使用效果都不是很好不能解决所有油罐的自动脱水的问题。

随着技术的进步，几个厂家又开发出了新型的不需要缓冲罐的管道式脱水器，这种脱水器不需要二次沉降，因此脱水速度更快。这种脱水器已经在开始逐步推广，将来一定会取代缓冲罐式的脱水器。

#### 五、各种脱水器性能比较

##### 1、原理分类



2、原理性能比较

各种原理的脱水器效果比较

原    理		原理描述	应用效果	备    注
浮球	机械式	利用密度处于油水之间，浮在油水界面上的浮球直接带动阀门	结构简单，应用最广泛，仅适用于轻质成品油的脱水	都是建立在控制油水界面的基础上的。  密度较小的油品，能在短时间内形成稳定的油水界面，在重质油环境中，则很难在流动的状态下建立稳定的油水界面。  因此，脱水原理建立在油水界面基础上的脱水器仅能用于轻质油的脱水，不能用于重质油的脱水。
	磁致伸缩	利用磁致伸缩原理检测磁性浮球的位置，控制油水界面	容易受污染，且仅适用于轻质成品油的脱水	
	光纤界面报警器	将浮球位置信号经磁隔离后转换为光信号，用光纤传输到控制器，控制油水界面		
	浮球触点	将浮球位置信号转换为开关信号，控制油水界面。		
导    光		利用油和水的导光率和折射率的不同检测油水界面	容易被污染	
电  导  率		通过检测两个电极之间的电阻检测油水界面	检测的都是油和水的电参数差异，容易被污染，并且受温度的影响比较大；	
介电常数	电容极板	通过检测两个极板之间的电容检测油水界面	对水敏感，对油不敏感，因此需要油水界面非常稳定，脱水速度受限制，并且，维护量大	
	容    栅	通过检测多个极板之间的电容检测油水界面		
	射频导纳	检测测量杆和罐壁之间的电容值检测油水界面位置		
微    波		利用油和水对微波的不同吸收效果检测油水界面		
超声波		利用油和水对超声波吸收和反射的差异检测油水界面，控制界面高度	适用于密度小、分层快的成品油，油品密度较大时，脱水速度慢	传感器不会被污染，但是灵敏度不高，需要很清晰的油水界面
液柱谐振式		通过检测微弱的粘度和密度变化检测水中的含油量，自动调节控制脱水阀的开度	具有很强的抗污染功能，能自清洗，适用于各种油品，特别是重质油的自动脱水	不需要油水界面，没有缓冲罐，管道式法兰安装，脱水速度快，不受温度、密度、粘度、污染物等因素的影响

3、维护量比较



原理形式	维 护 量
浮球式	因介质密度变化的原因，需要经常调整浮球配重； 需要经常清洗浮球，清除罐底沉积物，维护量较大
电子式	容易受温度影响，需要经常调试； 需要经常清洗传感器，清除罐底沉积物，维护量大
光学式	需要经常清洗光纤探头，清除罐底沉积物，维护量特大
管道式	经出厂调校后不需要再作调试，传感器能自动不断调试，适应环境的变化；杂质能随水排出，免维护