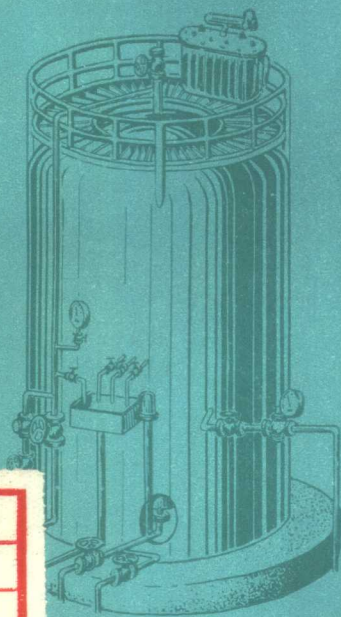


矿场原油脱水装置与操作

梁 忠 德 编



24.1

石油化学工业出版社

矿场原油脱水装置与操作

梁 忠 德 编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书作者以通俗易懂的文字，简明扼要地介绍了原油脱水的各种方法及其作用原理，然后又介绍了脱水器的结构及安装、脱水电路及电器设备，并重点介绍了原油电-化学脱水的操作工艺及事故处理。

石油矿场及炼油厂从事脱水工作的工人，特别是新工人读完此书，可对原油脱水的基本知识具有比较系统的了解。因此本书可做广大脱水工人学习和掌握原油脱水技术的自学参考用书。

矿场原油脱水装置与操作

梁 忠 德 编

*

石油化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$

印张 $2 \frac{1}{8}$

字数 45 千字

印数 1—7,200

1976年3月第1版

1976年3月第1次印刷

书号15063·油64 定价0.17元

目 录

第一章	基本概念	1
第一节	石油的生成与开采	1
第二节	原油的乳化	3
第三节	乳化剂	4
第四节	原油乳化对生产的危害	5
第二章	原油脱水的方法	8
第一节	加热沉降脱水	8
第二节	高压电脱水	10
第三节	化学脱水	12
第四节	综合法脱水	13
第三章	脱水器的结构与工艺管线安装	17
第一节	脱水器的内部结构	17
第二节	脱水器的电极	19
第三节	绝缘棒与悬垂绝缘子	21
第四节	立式与卧式脱水器的对比	23
第五节	脱水器的工艺管线安装	24
第六节	冲塞式流量计	29
第四章	脱水电路和主要电气设备	31
第一节	交流电脱水的电路	31
第二节	单相脱水变压器	33
第三节	限流电抗器	37
第四节	高阻抗脱水变压器	38
第五节	电流继电器	40
第六节	高压整流电路	42

第五章	电-化学脱水的操作	45
第一节	脱水器的投产	45
第二节	脱水器的正常运行	48
第三节	脱水器的停产检修	51
第四节	脱水器的操作安全	53
第六章	电-化学脱水生产故障及其处理	55
第一节	脱水器电场波动	55
第二节	脱水器电场破坏	56
第三节	绝缘棒击穿	58
第四节	脱水器电极损坏	60
第五节	悬垂绝缘子损坏	62
第六节	脱水器沉沙与放水管线结垢	63

第一章 基本概念

第一节 石油的生成与开采

石油是当代应用最广泛的一种液体燃料，深埋在几百至几千米的油层中，对于石油的生成问题，人们有着不同的看法，有的人认为石油是地下的碳和氢在特定的条件下化合而成。大部分人不同意这种观点，他们认为石油是由沉积在地下的有机物变化生成的。根据已经得到的地质资料证明，远古时期，在许多近水的低洼地带和湖泊及浅海里繁殖着大量的初等生物与微生物，它们在死亡以后遗体同泥沙、岩屑一起沉入水底形成水底腐泥。这种沉积不断进行，水底腐泥越埋越深，终于与外界空气隔绝，在地层的高温、高压作用下，经过复杂的化学、物理变化，水底腐泥中的大量有机物逐渐变成了黑色的石油。

石油生成以后并不停留在原处，在上覆沉积物的压力与地下水的驱动下，油、气被挤到邻近具有孔隙的岩层中，而且不断向上运移，当油、气运移到孔隙很小的岩层时，流速减缓，最后停滞下来，形成圈闭的储油层，称为油藏，覆盖在储油层之上的不渗透岩层称为盖层。

在油藏内（图1）油、气、水按比重不同分布，天然气最轻位于顶部称为气顶，水最重位于底部称为底水，石油位于气顶和底水之间。

要把石油从地下开采出来，首先必须钻井，从地面向油

层下入采油管。在油层天然能量的作用下，石油被推向井底，并通过井筒举升到地面。油层的天然能量是开采石油的动力，这种动力共分五种：即边水驱动（靠边水推动），弹性

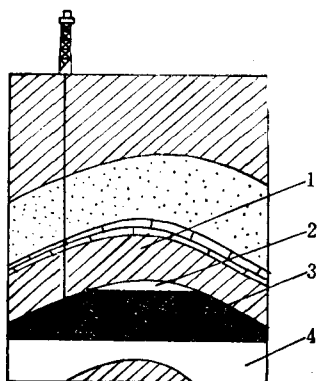


图 1 油藏内油、气、水的分布
1—盖层；2—气顶；3—油；4—底水

水压驱动（靠液体和油层的弹性膨胀），溶解气驱动（靠原油中析出的天然气气泡的膨胀力推油），气顶驱动（靠油层顶部聚集的天然气的膨胀力推油），重力驱动（靠原油的重力推动）。

随着采油时间的增长，油层的天然能量必然不断消耗，为了保持地层能量，提高原油采收率，在油田开发中往往采用人工注水、注气等方法，不断补充从油层中

开采出来的油、气体积。注水是目前油田开发中最普遍采用的方法，利用高压离心泵把化验合格的水，从地上通过注水井筒注入油层，在油层里，注入水与边水不断向油井井底方向推动，由于油层的渗透率不同，在推移过程中，油水界面并不是齐头并进，而是沿渗透率最高的地方形成舌状突进，当注入水与边水突进到油井井域时，油井开始见水。一般油田，油井的无水采油期都是有限的，大部分时间是油、水同采，原油含水随开采时间的延长而不断升高，到油井生产后期原油含水可高达90%以上。

第二节 原油的乳化

油田水和注入水同原油一起从地下开采出来，除少部分水呈游离状态存在于原油之中以外，绝大部分都是以极微小的颗粒分散在原油里，形成“油包水”型的乳状物，称为原油乳化液。

图2为显微镜下观察的原油乳化液，从中可以看到，在原油乳化液里分散相的水滴是大小不等的，其直径范围在0.1~100微米之间。

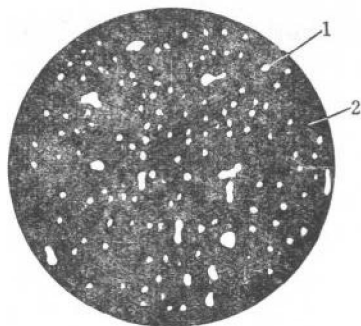


图2 原油乳化液

1—水滴；2—油

原油乳化液是怎样形成的呢？在地层中，当油、水一起向井底移动的时候，因为移动速度极慢一般不会乳化，当油、水混合物沿采油管从井底向上流动时，在井筒的不同深处压力从下到上逐渐降低，溶解在原油里的拌生气不断析出，而且体积不断膨胀，因此油、水搅拌越来越激烈，当油、水、气混合通过油嘴的时候，压力突降，流速剧增，原油碎散，大大增加了原油的乳化程度。原油开采出来以后，在地面集输过程中，从井口到计量站，从计量站到转油站，油、水、气多呈两相混合状态输送，在集输管线和设备里油、水的激烈搅动也会促进乳化。

在采集过程中形成的原油乳化液十分稳定，用一般的方法不易把水滴从原油中分离出来。为了说明这个问题，我们先举一个实验例子。在玻璃杯里放上煤油和水，由于水比油

重，我们可以看到在玻璃杯里油、水呈分层状态，油位于上部，水位于下部。这时，如果用玻璃棒进行搅动，可以看到煤油和水互相搅混在一起，形成乳化状态，但是在停止搅动以后，用不了很长时间煤油和水就又分层存在了，这是什么原因呢？原来液体有这样一个特性：它总是力趋把自己的界面面积缩到最小，在玻璃杯搅拌下，水以分散相存在于煤油之中，这时它的界面面积增加了几十万倍，因此很不稳定，在停止搅动以后，水就靠自身的比重差从油中分离出来。继续进行上述实验，在玻璃杯里放入少量炭末，然后用玻璃棒搅拌，结果可以发现已经形成的油水乳化物变得十分稳定，静止沉降很长时间，水还是不能从油中分离出来，这种能使形成的乳化液趋于稳定的物质，我们称为乳化剂。

原油乳化液所以十分稳定，不能用简单的方法把水滴从油中分离出来，就是因为在原油乳化液里存在许多乳化剂，如：沥青、胶质、石蜡、泥沙、环烷酸等等，它们吸附在“油包水型”乳化液的水滴表面，形成具有弹性的稳定薄膜，阻止了水滴碰撞时的合并与沉降。

第三节 乳 化 剂

原油中含有乳化剂这是形成稳定的原油乳化液的内在因素，乳化剂不仅影响乳化液的稳定程度，而且影响乳化液的类型。

关于乳化剂如何作用于油水界面而产生不同类型的乳化液问题，目前尚无公论，一般认为，存在于原油中的乳化剂多为极微小的胶体颗粒，它们分布在油水界面上，既能为水，也能为油所湿润。但是，这些胶体颗粒与油、水的亲和能力并不相同。如图3所示，当乳化剂亲油性强时，颗粒的

大部分浸入水中，少部分留在水里，形成“油包水”型的乳化液；当乳化剂亲水性强时，颗粒的大部分浸入水中，少部分留在油里，形成“水包油”型的乳化液。乳化剂吸附在油、水界面上，形成具有弹性的稳定薄膜，这样就阻止了乳化液中“内相”的碰撞与合并。

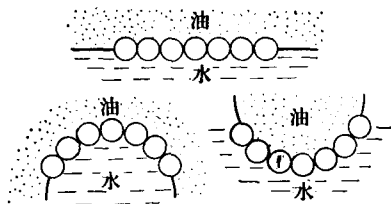


图 3 乳化剂的亲油能力与乳化液类型的关系

在原油中绝大部分乳化剂是由憎水亲油的胶体颗粒如：沥青、胶质、石蜡等组成的，因此一般形成稳定的“油包水”型乳化液。某些乳化剂如：环烷酸可以形成少量的“水包油”型乳化液，但很不稳定。一般说来，原油粘度越大，含蜡量越高，在乳化液中分散相的水滴直径越小，原油乳化程度越严重，破乳越困难。

第四节 原油乳化对生产的危害

原油乳化给石油的开采、集输和炼制带来了很大困难，主要表现为：

一、增加了原油集输的动力消耗

原油乳化以后，油品的物理性质发生很大变化，特别突出的是原油粘度随含水量上升而显著增加。图 4 为乳化原油含水与粘度关系的实验曲线。

含水原油的粘度增加必然提高在地面集输过程中管线的

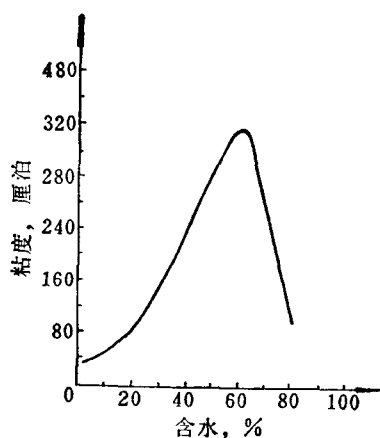


图 4 原油乳化液粘度与含水量的关系

输送压力。某集油站刚投产时，原油不含水，管线回压只有 5 公斤/厘米²，当原油含水上升到 60% 以后，同样排量下管线输送压力升至 17 公斤/厘米²，为了维持正常生产，被迫更换高扬程、大功率的输油泵。

含水原油粘度增加对集输设备的影响，还表现在降低离心泵的效率上。众所周知，离心泵的特性是受输送介质的粘度影响的，粘度越大，离心泵的效率越低，特别是当原油粘度高于 700 厘泊时，泵的效率及额定排量显著下降。

由于上述原因，在高粘度含水原油的集输过程中，经常发生用高扬程、大功率的离心泵输送小排量原油的不正常现象，造成设备和电力消耗的大量浪费。

二、增加了集输过程燃料的消耗

在矿场原油的集输、贮存和加工过程中，为了满足生产要求，都需要对含水原油进行加热。由于水的比热大于油的

比热，在同样升温的情况下，水所吸收的热量是原油的两倍，因此当原油含水上升到33%的时候，在加热过程中消耗的燃料只有一半是用于原油的升温上，如果原油含水达到50%，那么在消耗的燃料中仅有三分之一用于原油加热，造成油田开发后期，集输系统加热和保温设备的明显增加。‘

三、含盐、含水原油使集输和炼制设备发生严重腐蚀

在油田水中通常含有大量的盐类和矿化物，这些盐类在水中会发生分解，象氯化钙在一定的条件下约有10%水解，氯化镁在低温下就有90%水解，结果产生有强烈腐蚀作用的氯化氢（HCl），对集输和炼制设备腐蚀较大，特别是含硫原油，由于硫化物的分解形成硫化氢（ H_2S ），它与氯化氢交替作用在集输和炼制过程中使用的金属设备与管道上，使设备在很短时间内就会腐蚀穿孔，严重影响集输和炼制的正常生产。

四、影响石油炼制的正常操作

石油在炼制的时候，水和原油一起在加热炉中升温到300多度，进入蒸馏塔时急速汽化，水的体积增加到1700倍，是原油汽化后体积增加的15倍，这样不但影响产品质量，而且使塔内压力急剧上升，容易发生设备爆炸事故。

因此，国家规定，原油在交付炼制加工以前，含水不能超过2%，含盐不超过50毫克/升。

第二章 原油脱水的方法

矿场原油脱水主要是为了达到原油外运含水不超过 2% 的要求，由于乳化原油的水滴内含有许多盐类，因此在原油脱水的同时大量的盐分也从原油中分离出来，脱水与脱盐总是同时进行的，在矿场上以脱水为主，称为原油脱水，在炼厂往往以脱盐为主，称为原油脱盐，不论怎样称呼，其实际处理方法却是一致的。

原油脱水有各种方法，其基本目的都是为了破坏或削弱乳化原油中水滴薄膜的机械强度，促进水滴的碰撞、合并和沉降，经常采用的脱水方法有：加热沉降脱水、高压电脱水、化学脱水、综合法脱水等。下面分节叙述。

第一节 加热沉降脱水

加热沉降是原油脱水中最早采用的方法，原油加热有利于水滴的分离和沉降，其原理如下：

一、油水界面的薄膜强度削弱了

原油温度的提高增加了附着在油水界面的沥青、胶质、石蜡等乳化剂在原油中的溶解度，降低了水滴保护膜的机械强度。

随着温度升高，水滴体积发生膨胀，使界面薄膜受到一种胀力作用，这样水滴在碰撞过程中容易使薄膜发生破裂。

二、油水比重差增加了

实验证明，水滴在原油中的沉降速度与水滴直径的平方

和油水比重差及重力加速度成正比，与原油的粘度成反比。

在0~100℃的温度范围内，原油同水的体积膨胀系数是不同的，原油的比重随温度变化较水大，在同时加热升温的情况下，油水比重差可以增加20%左右，这样加快了水滴在原油中的沉降速度。

三、原油的粘度减小了

原油粘度随油温升高而降低，特别是乳化原油粘度随油温的变化更明显（见图5），对同一种原油，粘度与温度的关系是一条对数曲线，开始时原油粘度随温度的升高而降低非常快，温度越高，粘度降低越慢，温度升至70℃以上时，大多数原油粘度随温度升高而降低的趋势就比较小了。

原油粘度的降低，减小了水滴在运动过程中遇到的摩擦阻力，加快了水滴在原油中的沉降速度。

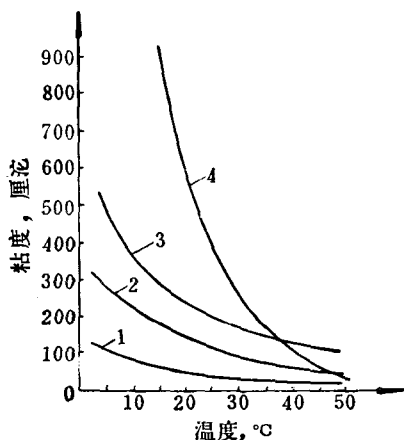


图 5 不同含水的原油粘度与温度的关系曲线

1—含水5%；2—含水14%；3—含水40%；4—含水60%

加热沉降脱水的效果，除了受温度影响之外，还与乳化原油的沉降时间有关，原油中水滴直径越大，沉降所需要的时间越短。在同样条件下，100 微米的水滴在油中沉降所需要的时间是 1 毫米水滴的一万倍，因此在矿场上对分散度大的乳化原油是不能单纯用加热沉降方法进行脱水的。

第二节 高压电脱水

为了强化原油乳化液中水滴的碰撞和合并过程，在矿场生产上广泛采用了高压电脱水。

如前所述，在油田水中溶有大量的盐类，它们在水中分解成各种基团的阴离子和阳离子，一般阴离子的含量总是高于阳离子，因此在原油乳化液里水滴的表面往往吸附了一部分正电荷，使水滴带正电。

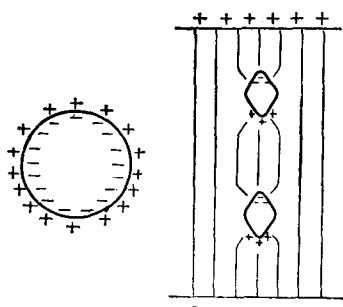


图 6 水滴在电场中的极化

在电场作用下，带电水滴被极化成一端带正电，另一端带负电的偶极子（见图 6），如果原油中不含水，那么两个平行电极间的电场本来是均匀的，电力线呈平行状态。由于极化水滴的作用，在水滴之间又产生了新的附加电场，使平行的电力线方向发生变化，破坏了电

场的均匀性。

在电磁感应下，被极化的水滴之间有电场力作用，这种作用力的大小与电场强度，水滴半径和水滴间的距离有关，可以用下式表示：

$$F = K \frac{\epsilon^2 r^6}{d^4}$$

式中 K——比例常数；

ϵ ——电场强度；

r——水滴半径；

d——水滴中心距。

在乳化原油中，水滴的距离是十分短的，在电场力作用下，水滴之间迅速合并。原油含水越低，水滴越分散，用高压电脱水效果越差，因此在炼厂和油田开发初期处理低含水原油时，通常采用人工加水的方法，帮助增加水滴的直径，减小水滴的中心距，以加速水滴在电场中的合并过程。

高压电脱水有交流电和直流电两种，除了电场力的作用之外，在交流电场中，电场每秒改换50次方向，引起水滴不断振荡和摆动，由于水滴界面薄膜在运动中不断变形，因而水滴保护膜容易遭到破坏。

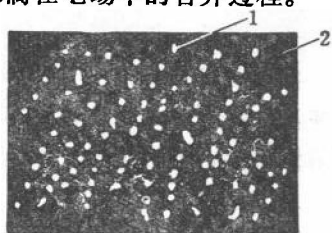


图 7 在直流电场中水滴的定向移动

1—水滴；2—原油

在直流电场中，水滴在正负极之间定向移动，如图 7 所示，由于水滴大小不同，移动速度有快有慢，在运动中又发生大、小水滴的碰撞现象。

根据交、直流电场中水滴的碰撞合并原理可以看出：在交流电场中水滴的碰撞、合并主要是靠电场力的作用，至于水滴的振荡摆动只能削弱界面薄膜的强度，并不增加水滴的碰撞机会；在直流电场中，除电场力的作用之外，水滴的定向移动也会产生碰撞和合并，因此一般说来，直流电的脱水

效果要比交流电好，现场实践证明这一结论是正确的。

第三节 化学脱水

所谓化学脱水就是在原油乳化液里加入一种高分子的有机化合物，这种物质能够吸附在油、水界面上，降低界面薄膜的机械强度，改变乳化液的类型，破坏乳化液的稳定性，该物质称为脱乳剂。

脱乳剂种类很多，在不同的油田上由于原油性质不同，原油乳化程度不同，应该通过室内筛选和现场实验，选择效果最好，用量最少的原油脱乳剂。

关于脱乳剂的破乳原理，可以综述如下几方面：

一、表面活性作用

各种脱乳剂都是高效能的表面活性物质，它们很容易吸附在油水界面上，挤掉乳化剂所占据的位置，由于原油脱乳剂活性很强，使形成的“油包水”型乳化液变得很不稳定。

二、反相作用

脱乳剂不仅使原油乳化液变得很不稳定，而且在吸附于油水界面之后，还力趋改变乳化液的类型，当原油乳化液从“油包水”型转化成“水包油”型时，界面薄膜遭到破坏，水滴从油中分离出来。

三、“湿润”和“渗透”作用

脱乳剂有一定的湿润和渗透作用，它可以溶解附着在油水界面的沥青、胶质等乳化剂，而且能够透过薄膜与水亲和形成亲水的吸附层，有利于水滴碰撞时的合并。

四、反离子作用

如前所述，在原油乳化液中分散相的水滴总是带正电，在自己的表面上吸附了一部分正离子，由于所带电荷相同，分