

石油工业出版社

油田油气水处理技术丛书

张鸿仁 编著

北京)
油田原油脱水

45030



油田油气水处理技术丛书

油田原油脱水

张鸿仁 编著

✓

TZ 624.1 / 007



200425637

石油工业出版社

内 容 提 要

本书结合我国油田原油脱水的生产实践，较全面地讲述了油田原油脱水的基本方法和原理，及电脱水和化学破乳剂的有关知识。并对原油脱水生产的技术管理、专用的原油含水率分析方法和油-水界面的检测技术作了介绍。

本书可供从事油田原油脱水的工程设计人员、技术管理人员阅读使用。也可供大专院校有关专业的在校学生参考。

油田油气水处理技术丛书

油田原油脱水

张鸿仁 编著

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀昊海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168 毫米 32开本 $9\frac{1}{2}$ 印张 249 千字 印1—2,500

1990年8月北京第1版 1990年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0422-4/TE·410

定价：2.40元

前 言

随着我国石油工业的发展，油田原油脱水技术也得到了相应发展。目前不仅已能满足油田原油脱水生产的需要，而且积累了丰富的实践经验，某些方面的技术水平已与世界先进国家并驾齐驱。

然而，截止目前我国还没有一本油田原油脱水方面的专门书籍。只是在一些石油院校采油、储运、炼油专业的有关讲义中，和油田生产现场的操作规程中，以章节的分量略加介绍，其深度和广度都满足不了油田原油脱水技术的发展需要。

鉴于上述情况，本书力图根据我国油田原油脱水的生产实践，结合国外有关资料，从工艺技术、方法原理、机械设备、化学破乳剂、电气知识等方面，对油田原油脱水技术作一较全面、系统地介绍。

但是，由于原油脱水是一门多基础的应用学科，涉及到物理化学和胶体化学中的乳化液理论；有机化学和石油化学中的烃化学知识；物理学中的电学知识，以及电工学、电子学方面的有关知识等。这就为本书的内容选材和编写方法带来一定困难。加之作者水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者提出批评指正。

本书的编写是在新疆、大庆、胜利等油田设计院从事原油脱水工作的同行们建议下动笔的。编写过程中得到了龙怀祖总工程师的支持和鼓励。张松同志作了部分插图的摄影与设计。在此谨向上述同志们表示衷心的感谢。

作者

1988.6

出版说明

油田油气水处理技术丛书旨在向从事油气集输的工程技术人员、石油院校毕业生提供一套能熟悉和掌握专业理论及技能的科技读物。

油田是能源的生产基地，本套丛书将着重介绍如何在油气集输过程中节约能源，提高油气预处理水平和综合经济效益。这套丛书包括：油田油气分离、油田原油脱水、原油稳定、油田气处理、油田油气综合利用、油田含油污水处理等分册。今后还将根据需要陆续组织编写其它分册，以满足广大读者需要。

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 原油脱水的重要性.....	(1)
第二节 原油脱水是油田油气预处理的一部分.....	(3)
第三节 油田原油脱水的工作目标及研究内容.....	(10)
第二章 原油乳化液及其性质	(14)
第一节 油井采出物的组成.....	(14)
第二节 乳化液的基本概念.....	(20)
第三节 原油乳化液.....	(27)
第四节 原油乳化液的形成过程及油田减缓乳化程度的措施.....	(29)
第五节 原油乳化液的性质.....	(33)
第三章 原油脱水的方法与原理	(51)
第一节 原油与水的沉降分离.....	(52)
第二节 化学破乳剂破乳脱水.....	(59)
第三节 电破乳脱水.....	(61)
第四节 润湿聚结破乳脱水.....	(67)
第五节 流体动力对原油破乳脱水的作用.....	(72)
第六节 加热对原油破乳脱水的作用.....	(75)
第七节 几种原油脱水工艺方案的比较.....	(79)
第四章 油田原油脱水的工艺流程	(82)
第一节 小规模油田原油脱水的简易工艺流程.....	(83)
第二节 传统的低含水原油电-化学脱水工艺流程.....	(85)
第三节 高含水原油电-化学两段脱水工艺流程.....	(87)
第四节 近代油气集输与处理的无罐流程.....	(90)
第五节 高含盐原油的脱盐问题.....	(108)
第六节 重质原油的几种特殊脱水工艺流程.....	(110)
第五章 原油脱水的主要设备	(115)
第一节 沉降分离设备.....	(115)

第二节	电脱水器	(124)
第三节	重质原油蒸发脱水器	(139)
第四节	化学破乳剂添加泵	(139)
第五节	原油脱水装置中通用设备的选择	(148)
第六章	原油脱水装置的操作管理技术	(151)
第一节	脱水段数的选择及各段负荷的分配	(151)
第二节	油-水界面控制的重要性	(154)
第三节	油气集输与原油脱水的正确配合	(157)
第四节	原油脱水与其它油气处理过程的结合	(159)
第五节	无罐流程中的流量缓冲调节	(162)
第六节	耐压密闭容器的吹扫操作	(163)
第七节	降低原油脱水生产成本的途径	(164)
第七章	原油电脱水的电气技术	(168)
第一节	电脱水生产过程对供电线路和设备的要求	(168)
第二节	电脱水器的供电线路和设备	(172)
第三节	几种限流保护方式	(182)
第四节	电气绝缘	(188)
第五节	电脱水生产过程中的电气安全问题	(195)
第八章	化学破乳剂	(200)
第一节	化学破乳剂的发展简况	(200)
第二节	化学破乳剂的分类	(201)
第三节	我国各油田常用的化学破乳剂	(207)
第四节	化学破乳剂的性质与性能	(209)
第五节	化学破乳剂的优选	(214)
第六节	化学破乳剂新品种的研制	(222)
第七节	化学破乳剂生产质量的检测	(233)
第八节	化学破乳剂生产和使用中的安全问题	(234)
第九章	原油含水率的检测	(238)
第一节	原油含水率的蒸馏法检测	(238)
第二节	原油含水率的离心测定法	(242)
第三节	原油含水率的电容检测法	(251)
第四节	原油含水率的蒸馏-电容测定法	(257)
第五节	低含水原油含水率的微波法检测	(259)

第六节	原油含水率的短波吸收检测法	(261)
第七节	原油含水率的 X 射线测定法	(265)
第十章	油-水界面的自动调节	(267)
第一节	水封式油-水界面自动调节法	(271)
第二节	浮子式油-水界面自动调节法	(274)
第三节	差压式油-水界面自动调节法	(277)
第四节	电阻式油-水界面自动调节法	(279)
第五节	电容式油-水界面自动调节法	(282)
第六节	差流式油-水界面自动调节法	(283)
第七节	油-水界面的无线电短波吸收自动调节法	(290)
第八节	油-水界面的超声波自动调节法	(292)
参考文献		(295)

第一章 概 论

人类开发油气田的目的，是为了获得有广泛使用价值、有很高的经济效益、符合一定商品规格与标准的石油和天然气。

然而，世界各地的油田几乎都要经历含水开发期。自地下采出的原油往往都含有水。特别是采油速度快和采取注水强化措施开发的油田，其无水采油期很短暂，原油见水早，含水率增长速度快：从1%、2%到60%之间，年增长率高达3~10%。当含水率达到60~70%时，增长速度才会明显减缓，甚至较长时间地稳定下来。此时油田原油仍然高产稳产。油田大部分可采储量是在这一阶段采出的。到油田开发后期，原油含水率会高达90%以上，但仍能继续开采一段时间。因此可以认为，原油含水是油田开发中的正常现象和普遍规律。

原油含水后，其比热、粘度等物理性质发生很大变化，不仅给油田生产带来一系列困难，还会给油库中的储存，铁路、公路、船运、长输管道的输送，以及炼油厂的加工精炼造成不利影响。

因此，原油脱水就成为油田原油生产过程中一个不可缺少的环节。

第一节 原油脱水的重要性

要认识原油脱水的重要性，须从原油含水的危害性讲起。原油含水的危害性是很大的。具体表现在如下几个方面。

1. 增大了油井采出液的体积

原油含水后油井采出液的体积增加。特别在持续时间较长的高含水（60%以上）开发期，含水原油的体积要较纯净原油增加1~2倍。这就极大地降低了油田地面集输管道、储罐及其它设备的有效利用率。

2. 增加了管道输送中的动力消耗

含水原油多为“油包水”型乳化液。其粘度较纯净的原油约高数倍到数十倍。用管道输送时其摩阻大幅度地增加。随之引起油井回压上升，抽油机、输油泵的动力消耗增加。甚至使离心泵的吸入性能变坏，严重时会产生气蚀，无法使用。

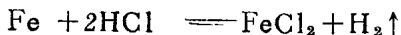
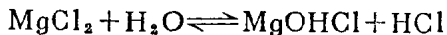
3. 增加了升温过程中的燃料消耗

在油田地面原油的集输、脱水、稳定过程中，在油田至炼油厂原油的长距离管道输送过程中，和在炼油厂原油的加工过程中，为了满足一定的工艺要求，往往要对原油加热升温。如果原油含水较多，在283K~473K温度范围内，原油的比热容只是水比热容4186.8J/(kg·K) (=1kcal/kg·K)的42~60%，所以升温水的燃料消耗量是很大的。加之，自油井到炼油厂的输送过程中，要多次地反复对含水原油加热升温，燃料的消耗量更为可观。

4. 引起金属管道和设备的结垢与腐蚀

原油中所含的地层水都有一定的矿化度。当矿化度较高时，其中的碳酸盐会在管道和设备的内壁沉积结垢，久而久之使管道通径变小，甚至完全堵塞。当用管式加热炉或火筒炉加热矿化度较高的含水原油时，会因结垢而影响热能的传导，严重时会引起炉管或火筒过热变形、破裂，甚至酿成火灾事故。

当地层水中含有氯化镁、氯化钙、氯化锶、氯化钡等物时，会部分水解放出氯化氢，引起金属管道和设备腐蚀、穿孔。以氯化镁为例的腐蚀过程反应如下：



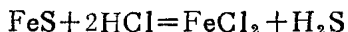
当原油中含有环烷酸等有机酸时，有机酸能和氯化物发生复分解反应，也会放出氯化氢。特别在原油中含有粉末状氧化铁时，氧化铁对氯化物的水解和复分解反应起催化作用，使金属腐蚀作用加剧。

如果原油中含有较多的硫化物时，由于水的存在腐蚀作用的速度会更快。因为硫化物受热发生分解产生硫化氢，当遇到水时

硫化氢与铁反应生成硫化亚铁:



硫化亚铁与氯化氢反应又放出硫化氢:



这样交替反应的结果, 腐蚀将会不断地进行下去, 使金属管道和设备层层脱落, 直到完全损坏。这种影响无论对油田、长输管道和炼油厂都是致命性的危害。

5. 对炼油加工过程的影响

炼油厂加工原油的第一套装置是常减压蒸馏装置。原油中若含有盐和水, 对该装置的生产是有严重影响的。由于水的分子量仅为18, 原油蒸馏时汽化部分的平均分子量在200以上, 这样, 水与油同时加热到360°C进常压塔时, 一吨水汽化后的体积要比等重量的原油汽化体积大十多倍。一方面会加大蒸馏塔内气体的线速度, 影响分馏效果, 严重时引起冲塔现象, 使蒸馏产品的质量受到很大影响。另一方面, 当原油含水率不均匀时, 会引起设备内压力突然变化, 不仅使蒸馏装置无法平稳运行, 甚至可能出现超压爆炸事故。

不仅如此, 当原油含水较高时, 由于汽化后的水都与塔顶汽油一起逸出, 经冷凝、冷却才能安全储存, 这样也就增加了蒸馏装置燃料和冷却水的消耗, 提高了生产成本, 因而降低了经济效益。

因此, 炼油厂对进厂原油的含水率都有严格要求。我国目前规定原油的含水率应在0.5%以下。国外要求0.03~2.0%不等。

由于在油田开发中水几乎成为原油“永远的伴生者”, 水的危害又是如此之大, 所以原油脱水就成为油田生产过程中一个不可缺少的环节。

多年来, 人们经过不懈地努力, 已经研究成功了多种多样的原油脱水方法, 满足着各类原油的脱水要求。

第二节 原油脱水是油田油气预处理的一部分

油田油气预处理也叫油气粗加工。“预”与“粗”都是针对

炼油、化工厂对原油和天然气进行“深”与“精”加工相对而言的，目的在于把自地下获得的采出物进行妥善地处理，使其成为符合一定技术标准的原油和天然气，为炼油、化工过程的进一步加工作准备。

油田油气预处理包括的工序较多，原油脱水是其中的一个重要部分。

一、油田油气预处理的基本概念

油田油气预处理是指根据油井采出物的组成，在油田油气集输的某个适当环节设置预处理装置，对油井采出物按相态进行分离，并对分出的油、气、水及机械杂质进行净化和处理。

通过对油、气、水的净化，除获得天然气、原油和地层水外，还可获得液化石油气、溶剂油、石油醚和天然汽油等轻烃产品。在一些情况下还可获得少量其他有用产品，如自脱出水中提取盐类、碘；自天然气中回收硫磺；自稠油中回收金、镍、钒等金属。

二、油气集输与预处理流程

油田油气集输与预处理过程是紧密结合在一起的，在油田地面工程中一般采用如图1-1所示的工艺流程。该流程大致由三部分组成，最前边为集油、集气部分；中间为油、气、水的预处理部分；后边为储运部分。

1. 集油、集气部分

油井是油田油气生产的基本单位。集油、集气就是将油田分散在各地的油井所生产的石油和天然气汇集到一起。其方式是通过集输管道，利用油井本身的自然能量或抽油机的机械能量进行输送。为了掌握每口油井的生产动态，在每组油井（一般6~12口为一组）采出物汇集前要对单井产量进行计量。这个计量的地方叫做计量站。计量后的油井采出物要继续汇集到集中处理站去进行油气水的分离及净化处理。

在计量站与集中处理站之间，当管道中流体的流动能量不足时，应设置接转站增压。

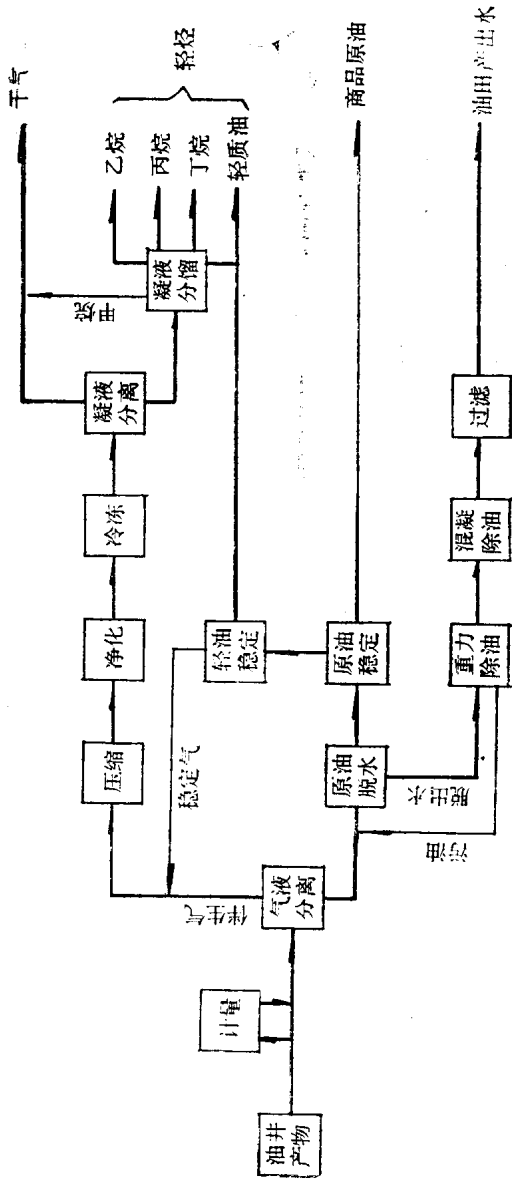


图 1-1 油气集输与预处理方框流程图

2. 油气预处理部分

油气预处理是对汇集起来的油气进行分离与净化，目的在于获得合乎一定技术标准的油气产品。

3. 储运部分

储运部分是将集中处理站得到的油气产品经过油库、配气站的储存和调节，用管道、铁路、公路及船舶等运输工具运送到炼油厂、石油化工厂或其他用户。

三、油气预处理的内容

1. 油气分离

油气分离是对油井采出物进行气、液两相分离的简称。它是在一定的温度和压力下，依据气-液平衡原理和重力沉降原理，在专用的机械分离设备中实施对气相和液相的粗略分离。所用的分离设备称为油气分离器，一般为立式、卧式或球形的耐压密闭容器。

在油气分离过程中，由于油气水混合物的体积流量较大，因分离空间与分离机构的性能所限，气液往往得不到充分分离。即使达到了充分分离，又受气-液相平衡规律的限制，分离后气中带液、液中带气现象也是不可避免的。

通常，气相中以甲烷为主，约占总体积的60~95%，另含有乙烷、丙烷、丁烷、戊烷……甚至十个碳以上的烷烃。除此，还有非烃类的水蒸气、二氧化碳、硫化氢等；液相中以原油与水为主，另外还含有甲烷、乙烷、丙烷等低分子烷烃和盐类、岩屑、砂粒等固体杂质。

2. 原油脱水、脱盐和除砂

原油脱水、脱盐和除砂，是将油气分离时得到的液相再进一步分离，脱去水、盐类，除去砂粒等机械杂质。最终得到较纯净的原油。

一般原油在进行脱水的同时，溶解在水中的盐类会随水一起被脱出；当原油粘度较高或悬浮在其中的泥砂、岩屑等为微粒粉末时，这些杂质依靠沉降分离是不易从原油中分出的。但如果该

原油与所含水能在管道中经过充分的搅拌混合，这些杂质会被洗涤到水中，由于水的粘度远较原油小，故能较容易自水中沉降分离出来。所以原油脱水也是对原油进行综合净化的过程。

只有含盐与含机械杂质质量特别高的原油，经过脱水后，含盐、含杂质量还特别高时，在脱水后才专门进行加淡水洗盐和脱除机械杂质。

3. 原油稳定

如前所述，油气分离后液相中仍含有一部分乙烷、丙烷、丁烷等易挥发的低分子烷烃。在进行原油脱水、脱盐和除砂时，如果流程密闭，它们会仍然存在于原油之中。为了减少其在以后储存与运输过程中的挥发损耗，通过负压闪蒸或加热分馏等方法，将这些低分子烷烃拔出来并回收利用。这个汽化和回收过程可使原油蒸气压降低，稳定性增加，故称为原油稳定。一般轻质原油经稳定可得到相当于原油重量0.5~3.0%左右的稳定气体。该气体经分离可得到乙烷、丙烷、丁烷、液化石油气、天然汽油等，生产乙烯、丙烯、丁烯、苯、甲苯、二甲苯等基本有机化工原料。故原油稳定有很高的经济效益与社会效益。

4. 天然气的预处理

这里所说的天然气是指油田气层气、原油伴生气及稳定拔出水。其组成以甲烷为主，其余为乙烷、丙烷……，以及水分、硫化氢、二氧化碳等。

天然气的处理过程是：首先进行压缩，提高其压力至0.8~5.0MPa；然后进行净化，除去其中的水分、硫化氢、二氧化碳等非烃类杂质；再进行冷冻回收其凝液，凝液可分离出乙烷、丙烷、丁烷等与稳定回收物类似的组分。未凝气体中甲烷含量高达90%以上，称为干气。干气可作为商品外输给炼油厂作为裂解加氢与产品精制过程的制氢原料，或送至化工厂制取甲醇、甲醛、甲酸、化肥等。

5. 原油的选配

原油的选配，是指当一个油区内的各个油田，一个油田内的

各个区块，一个区块内的各个油层，其所产出的原油的化学组成、物理性质、所含杂质的品种和数量，以及油层自然能量、开采方式等不同时，根据油田油气集输、预处理，特别是炼油、化工过程的工艺方法、加工方向等不同的地点和要求，而对各种原油进行有选择的单独地或按一定比例均匀调配地，或不按比例随意混合地进行集输、预处理和炼油、化工加工，以便达到因地制宜的区别对待，使物尽其用。

也就是说，原油选配是专门研究不同质的原油在什么情况下可以相互混合；在什么情况下不能混合；以及在油气集输、预处理、储运和炼制加工过程中的哪一个环节混合最适宜的一门专门技术。

由于一些油田原油的化学组成不同，用其加工成各类石油产品的难易程度也大不相同：低凝原油易于制取低凝石油产品而无需脱蜡过程；石蜡基原油宜于裂解制取发动机燃料；高含环烷酸的原油易于制取环烷酸皂类产品；高含胶质、沥青质原油易于加工成高质量的道路沥青、建筑沥青、油漆沥青、电工沥青和水工沥青等；含硫原油在加工时易于引起设备和管道腐蚀并使裂解过程的催化剂中毒……。

如果油田能根据各种原油的化学组成、开发方式、加工方向进行合理选配，则可大幅度地简化炼油化工的工艺过程，提高产品收率，减少生产消耗，节约能源，降低生产成本，提高石油企业的经济效益。因此，作好油田原油的选配工作是非常有意义的。

原油选配的依据和方法很多，目前较普遍采用的有“关键馏分特性分类法”及“工业分类法（也称商品分类法）”。

关键馏分特性分类法是用简易蒸馏装置，取常压 $250\sim 275^{\circ}\text{C}$ 的馏分为第一关键馏分，或称轻油部分；取 $395\sim 425^{\circ}\text{C}$ 的馏分为第二关键馏分，或称重油部分。将关键馏分按照其所含主要组分的化学组成定为石蜡基、中间基或环烷（沥青）基，这样可分为七大类，如表1-1所示。

表 1-1 关键馏分特性分类

编号	轻油部分类别	重油部分类别	原油类别
1	石 蜡	石 蜡	石 蜡
2	石 蜡	中 间	石蜡—中间
3	中 间	石 蜡	中间—石蜡
4	中 间	中 间	中 间
5	中 间	环 烷	中间—环烷
6	环 烷	中 间	环烷—中间
7	环 烷	环 烷	环 烷

工业分类法是按照原油的密度、含蜡量、含胶质量、含硫量等进行分类。分别如表1-2、表1-3、表1-4和表1-5所示。

表 1-2 按密度分类表

类 别	密 度, kg/L
轻质原油	<0.830
中质原油	0.830~0.904
重质原油	0.904~0.966
特重原油	>0.966

表 1-3 按含蜡量分类表

类 别	含蜡量, %
低蜡原油	0.5~2.5
含蜡原油	2.5~10.0
高蜡原油	>10.0

表 1-4 按胶质含量分类表

类 别	胶质含量, %
低胶原油	<5
含胶原油	5~15
多胶原油	>15