

[美]肯·阿诺德 莫里斯·斯图尔特

油气田地面处理工艺

卷一

原油处理系统和设施设计



石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

全书分为两卷, 分别介绍了油气田原油和天然气处理系统及设施的基本概念、技术、设计计算。本书实用性强, 并有关于设计和操作的完整资料。

本卷为卷一, 主要介绍了原油的处理系统和设施设计的基本概念、理论和计算方法。详细内容包括: 采油设备的简介及选择、油流物性、采出液的两相和三相分离、原油和采出水的处理系统、管线压降计算、管线尺寸及壁厚的选择、泵的计算和选择, 以及工程项目管理等。

本书可供从事原油处理系统的科研、设计及管理工作的工程技术人员阅读, 也可以作为石油大专院校师生的参考书。

Surface Production Operation
VOLUME 1
Design of Oil-Handling Systems and Facilities
Ken Arnold Maurice Stewart
Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1986

油气田地面处理工艺

卷 一

原油处理系统和设施设计

(美) 肯·阿诺德·莫里斯·斯图尔特

陶世桢 王向农 柳朗楠 译

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

850×1168 毫米 32 开本 14 印张 366 千字 印 1—1,200

1993 年 4 月北京第 1 版 1993 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0780-0/TE·733

定价: 12.00 元

序 言

我们和采油设施设计课程的教师一样，都意识到在这以前尚无其它的资料可作为石油工程方面的教材。为了给学生们在掌握课程内容及完成他们的课题方面提供一些基本知识，我们发现所收集的某些产品目录、科研报告及我们过去完成的设计资料等均能满足一些要求。虽然某些包含有计算图表、曲线图及经验公式的资料对基础理论没有参考作用，但他们是某些假设的基础和根据；或者，从坏的方面说，某些资料曾给人造成过误解，甚至在涉及基本原理上曾给人造成错觉，一经指出，则上述资料，均具有重要意义。

本书为油田地面采油设施的设计、计算及管理提供了基本概念及必要的技术资料，可作为一学期的教材使用。它为常规的流体分离、原油及含油污水的处理系统、配管及泵送系统所用设备、及工艺流程均作了明确的介绍。我们希望本书在确定采油设备的重要设计及操作参数过程中有所裨益。我们也希望读者通过本书能了解一些采油设备在设计及使用过程中所出现的未知因素及假定条件，并能掌握这些设备在使用过程中的限定条件及优缺点等。

不容置疑，采油设施的设计应遵循某些设计规范及技术规定。若有人要执行这些技术规定，则必须掌握某些基本假定条件及设计规范。在编排我们的教材草案过程中，我们从基本原理出发，围绕设计公式作了一些推导，以便使学生们能了解我们所作假设条件及重点。在采用经验公式的地方，我们都至少已定性说明了公式的合理性，并介绍了它们的使用条件。某些必须介绍的材料，如果不属于实验研究报告或实际经验总结，为便于实用，我们也作了一些有益的推论。这些观点在本书中已明确表达。我

们发表这些看法，目的是抛砖引玉，希望促使其它作者也能公布他们的经验及经验公式，并有助于促使人们从事必要的研究工作。

有些学生除了在石油工程课程中所学知识以外，在设计采油设施方面尚缺乏某些基本了解。为此，我们根据多次试验发现，利用采油设备的图片，从阐述采油设备的功能入手是一项较好的教学方法。然后在介绍采油工艺计算及设备设计程序之前，再说明诸设备是如何在采油工艺系统中一起工作的。我们过去是在课程的最后介绍采油工艺流程系统，但后来发现，这样安排，各种采油设备之间的相互关系会使学生们混淆不清。因此，虽然在章节的编排上出现某些重复现象，但经验告诉我们，教材内容的编排，归根结底是要使学生们能清晰地掌握各种基本原理和概念。

本书所选定的编排结构的另一特点是可使教员在学期之初就能制定教学计划，并可使学生在完成某一学习单元之后，知道下一阶段的教学内容。附录列有设计实例。由于装置程序及设备设计方面备有许多正确答案，设计方案各不相同，而学生们应能自行选定。一学期结束时，每个学生都能完成自己的设计，并进行口试答辩。

有设计经验的工程师可能是希望本书前三章从简而过。我们从正文中将公式推导部分分出来以编成参考用书，这样使设计计算公式及重要假设就能明显地突出。根据需要，我们在每一部分结尾通过设计程序及计算实例进行了归纳总结。

本书主要是介绍原油处理设施的基本原理和概念。这些内容在文献中出现不多。原油、水的处理和天然气的处理相比，其中的技巧问题比技术问题还多。本书内容中不包括天然气的脱水及处理、天然气的压缩、发电机及配气系统、材料选择及腐蚀控制、化学处理、焊接、水的净化、蒸汽发生设备、仪表规格及系统设计，基础底座、设施平台、建筑物及其它许多项目，这些都是属于油田地面设施的范围或建筑工程师的责任范围。

有关工程项目管理的最后一章似乎有点超出了本书的范围。

但是，根据我们的经验，采油设施工程师的任务大部分是从事工程项目管理工作。如果学习我们课程的学生，最后成为采油设施管理工程师，但不熟悉本书章节中所介绍的概念那简直是不可思议的！我们在该领域的工程师中听到最多的意见是：从事管理的石油工程师却对采油设施企业管理有关知识了解甚少。

在全书中，我们始终将主要力量集中在使学生掌握现代化知识及培养解决常见实际问题的能力上。虽然我们有些人曾经参加过遍及世界各地的采油设施的设计，或者我们机构中有人作过设计，但可以肯定地说，自身的经验及职业偏爱对我们编选教材是有影响的。如果我们在教材内容上有所遗漏，或者在设备分类所述意见与其他人的传统经验有所出入，我们将表示歉意。就教材内容上我们已吸收了许多学生们的建议，并感谢读者的修改意见，以供再版改进。

目 录

第一章 采油设施	(1)
引言	(1)
第一节 采油设备的仪表装备	(16)
第二节 采油设备类型	(20)
第二章 采油设备的选择	(26)
引言	(26)
第一节 采油生产过程的控制	(26)
第二节 采油系统的主要设备	(30)
第三节 试井	(50)
第四节 气举	(51)
第三章 油流物性	(55)
引言	(55)
第一节 基本参数	(55)
第二节 闪蒸计算	(66)
第三节 流体的特性	(85)
第四节 近似的闪蒸计算	(92)
第四章 油气两相分离	(94)
引言	(94)
第一节 设备介绍说明	(95)
第二节 卧式及立式分离器的选择对比	(99)
第三节 分离器内部的配件	(101)
第四节 理论计算	(104)
第五节 分离器尺寸的计算	(110)
第六节 例题	(119)
第五章 油气水三相分离	(125)
引言	(125)
第一节 设备描述	(126)
第二节 容器内部构件	(131)
第三节 潜在的操作问题	(132)

第四节	理论	(134)
第五节	分离器尺寸选择	(135)
第六节	例题	(146)
第六章	原油处理系统	(153)
引言		(153)
第一节	乳状液处理理论	(154)
第二节	处理设备	(168)
第三节	设备尺寸选择和理论	(172)
第四节	设计程序	(177)
第五节	例题	(178)
第七章	采出水处理系统	(184)
引言		(184)
第一节	系统描述	(184)
第二节	理论	(185)
第三节	处理设备	(188)
第四节	设计需要的资料	(217)
第五节	排放污水水质	(218)
第六节	设备选择步骤	(220)
第七节	设备技术规格	(222)
第八节	例题	(223)
第八章	管系内压降	(230)
引言		(230)
第一节	基本原则	(230)
第二节	流体流动方程	(238)
第三节	阀门和管子配件中的压头损失	(263)
第四节	压降计算实例	(271)
第九章	管线尺寸和壁厚的选择	(277)
引言		(277)
第一节	管线尺寸标准	(277)
第二节	管壁厚度标准	(289)
第三节	压力等级	(313)
第四节	例题	(337)
第十章	泵	(343)
引言		(343)

第一节	泵的分类	(343)
第二节	离心泵	(344)
第三节	往复泵	(348)
第四节	隔膜泵	(351)
第五节	旋转泵	(352)
第六节	基本原理	(353)
第七节	基本的选择准则	(357)
第十一章	离心泵	(360)
	引言	(360)
第一节	多泵装置	(360)
第二节	泵比转数	(362)
第三节	规范和标准	(363)
第四节	离心泵的类型	(365)
第五节	轴承、密封和耐磨环	(372)
第六节	安装需要考虑的问题	(379)
第十二章	往复泵	(381)
	引言	(381)
第一节	脉动流的控制	(381)
第二节	轴承、阀门和填料	(392)
第三节	规范与标准	(394)
第四节	管路连接	(395)
第十三章	工程项目管理	(398)
	引言	(398)
第一节	工程步骤	(398)
第二节	工程管理和执行形式	(419)
第三节	工程项目执行格式	(429)
附录	工程项目委托实例	(434)

第一章 采油设施

引 言

采油设施的作用是将井下采出的流体分离成三种成分（即通常所说的原油、天然气和水三相），并将该三相流体分别加工成为市场销售产品，或将其处理成为环境保护条例所允许的排放物。在称为“分离器”的机械设备中，气体会从液体中逸出，而游离水会从原油中分离出来。原油经过上述处理工序后，会损失其中不少的轻烃，而成为一种其挥发度（蒸汽压）符合市场销售条件且性能稳定的原油。图 1-1 及 1-2 表示用以从液体中脱气、从原油中脱水的常规分离器。分离器按其形状可分成卧式及立式两种。

分离出来的天然气应经压缩及其它处理后再销售。通常是采用引擎驱动的往复式压缩机进行压缩，见图 1-3。在大型设施上或在增压作业时，则采用燃气轮机驱动的压缩机，见图 1-4。也可成组地采用大型往复式压缩机，见图 1-5。

通常，分离出来的天然气含有大量的水蒸气，故应脱水，使其含水量在允许范围内（一般是低于 7 lb/MMscf ）。通常是采用乙二醇脱水，见图 1-6 所示。干乙二醇用泵送至大型立式接触塔内。乙二醇就在该塔内将天然气中的蒸汽吸收。湿乙二醇从分离器中流出至大型卧式重沸器内，在重沸器中被加热，并蒸发掉水分。

某些油气产区为了降低烃的露点，可能需要去掉些重烃成分。天然气中可能含有诸如 H_2S 及 CO_2 的污染物，其含量均可能大于天然气市场销售规定的允许量。若遇到这种情况，为了使天然气得到净化，则必须有附加的处理设备。

从分离器中出来的原油及其乳化物必须经过脱水处理。多数

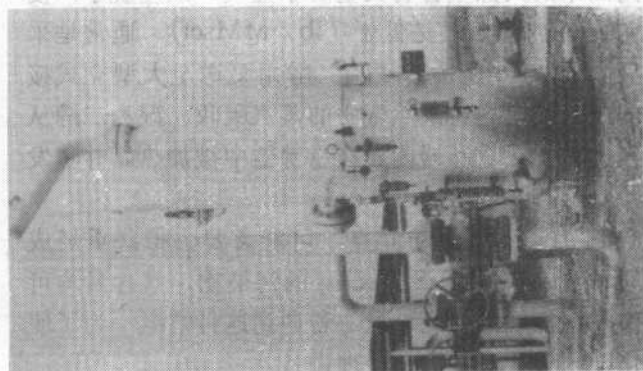


图 1-1 陆地油田常用的立式两相分离器。左侧为入口管，天然气从顶部逸出，液体留在分离器右侧的底部

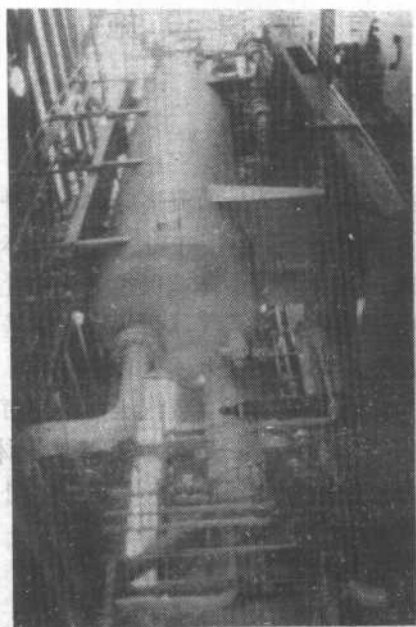


图 1-2 海上采油平台常用的卧式分离器的人口端。请注意，沿分离器底部纵向各点处安装有排出阀；而其顶部设有维修平台

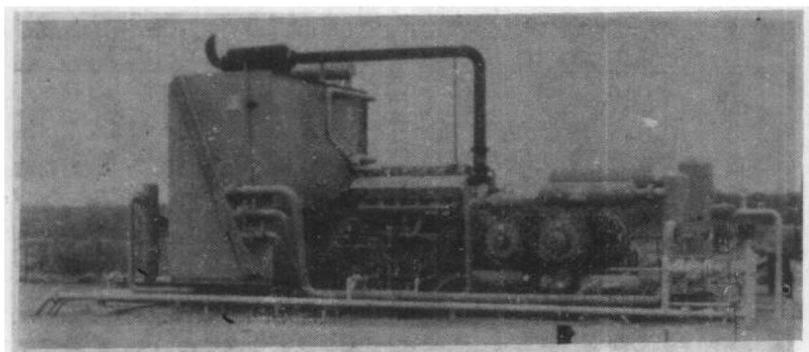


图 1-3 一引擎驱动的压缩机组。其入口端及中间脱气分离器是在右侧。天然气经过缓冲罐进入天然气压缩机气缸，然后进入机组左侧的冷却器中。驱动压缩机气缸的引擎位于箱形冷却器的右侧

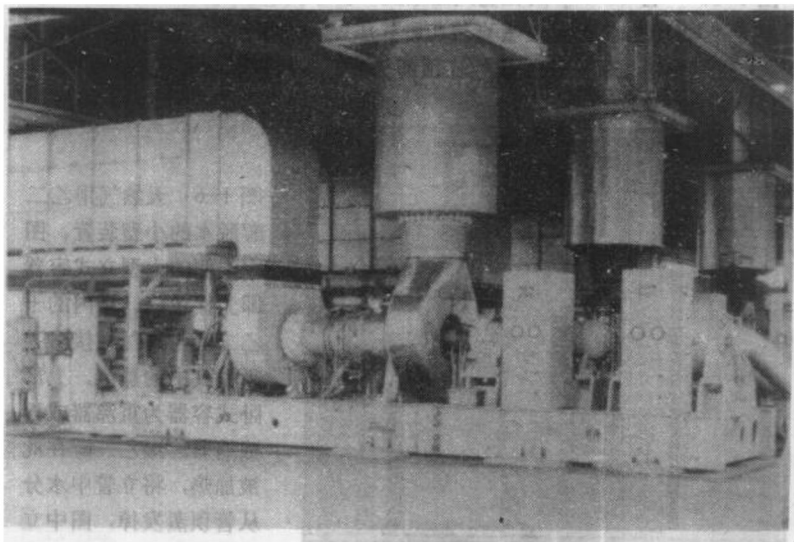


图 1-4 燃气轮机驱动的离心式压缩机。燃气轮机是从左端的大型导管吸入空气。空气与气体燃料混合后就点火。由此而形成的天然气喷气在尚未通过圆形粗管垂直向上抽出排气之前，会使燃气轮机的叶片作高速旋转。燃气轮机旋转轴驱动两台离心式压缩机。该燃气轮机位于机座右端两个控制台的后面

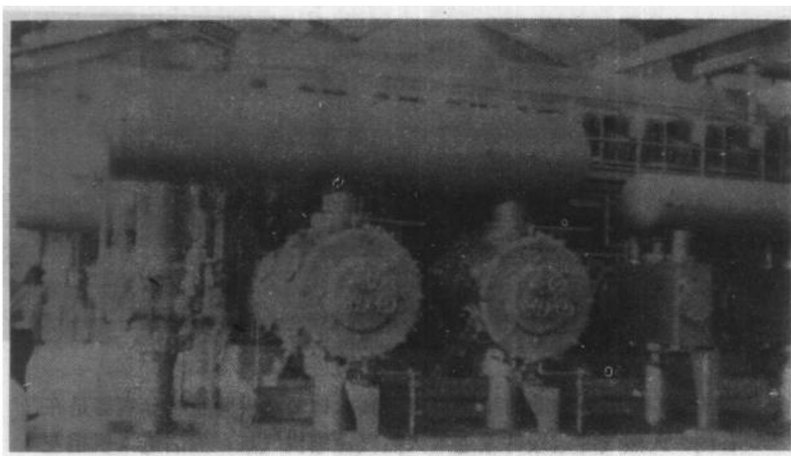


图 1-5 一台 5500hp 的往复式压缩机。位于机组顶部的 16 个动力缸(每侧 8 个)驱动曲轴旋转,后者直接与卧式压缩气缸相连(图中前方)。当天然气被压缩时,安装在压缩机气缸顶部及下部的圆筒形罐系作消声滤音用

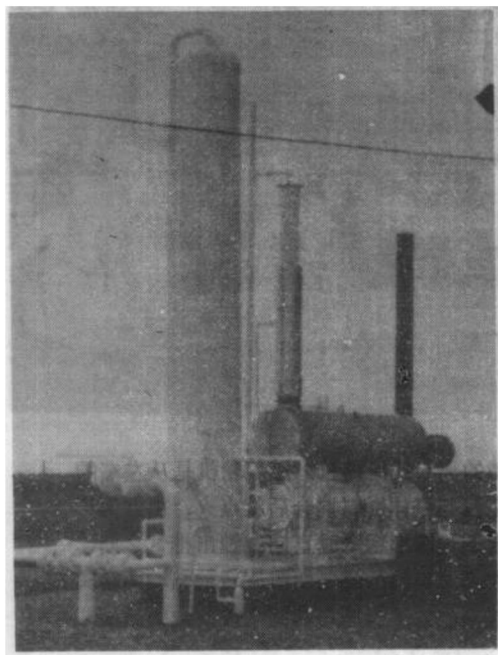


图 1-6 天然气用乙二醇脱水的小型装置。图中左侧的大型立式容器即为接触塔。塔内的干乙二醇与天然气接触并吸收其中的蒸汽。上部卧式容器为重沸器或再浓缩器。湿乙二醇在此被加热,将立管中水分从管顶蒸发掉,图中立管顶刚好位于接触塔的后方。下部的卧式容器作缓冲罐用

石油公司对原油中可能残留的底部沉淀物及水分（BS&W）的最大含量百分比均作过规定。根据油气产区不同，该含量的变化范围通常为 0.5%~3%。某些炼油厂对原油中的含盐量作出限定。这样，就需要用新鲜水对原油作数级脱盐处理。而且，随后还需要对原油作脱水处理。通常，每千桶原油中的含盐量限定在 10~20 磅范围内。

图 1-7 及 1-8 表示对原油及其乳化物进行脱水处理用的明火直接加热炉。该加热炉的形状有卧式及立式两种，并且在火管、空气入口及排烟抽气上各有特点，这在图中均可见到。此外，也可做成无火管的加热炉，此时该加热炉外观像个分离器。也可通过沉降作用或油水分离罐对原油进行脱水处理，见图 1-9。

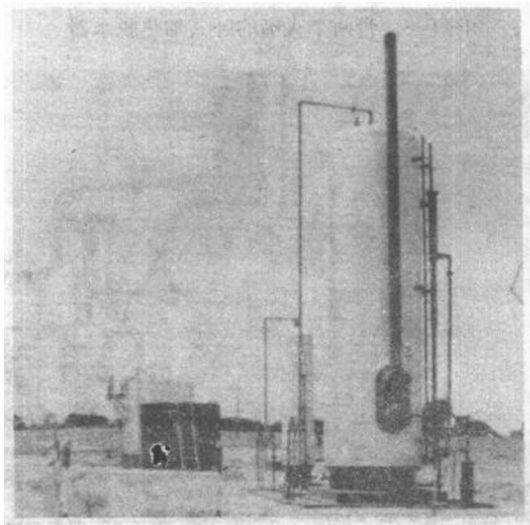


图 1-7 立式加热脱水器。待处理的油水乳化物从远端管进入。加热火管（近处）对乳化物加热，则油水分离，原油存于罐的上部；脱出的水则存于罐底，并通过罐右侧外部的排水管放出，它能保持罐内油水界面处于适当高度。天然气则存于罐的顶部，部分天然气进入罐有下方的小釜中，可供燃烧火嘴作燃料用

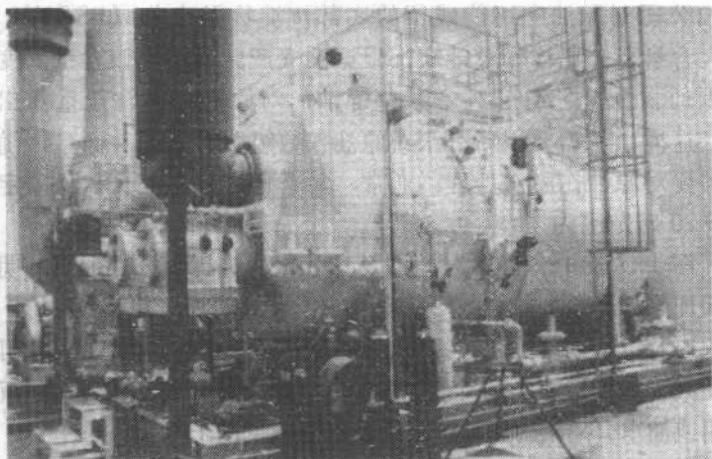


图 1-8 带两个火嘴的卧式加热脱水器

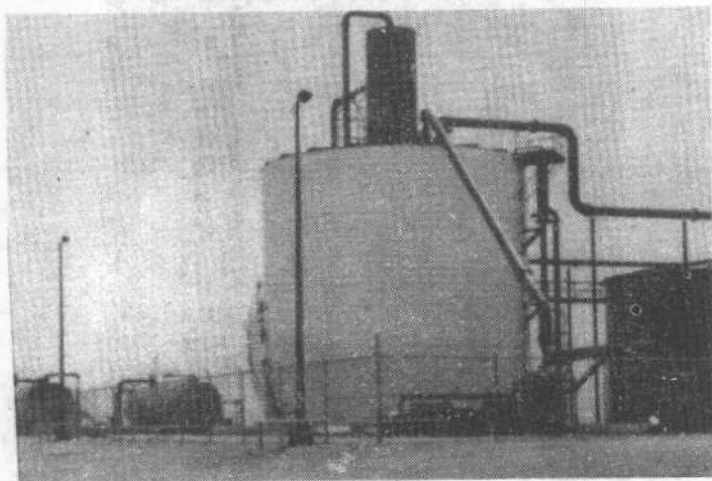


图 1-9 处理原油的油水分离罐。油水乳化物进入该分离罐顶部的“气体保护器”中。其中的天然气逸出；而乳化物是通过专门设计的溢流管及扩散系统落入该分离罐。利用该容器右外侧安装的水位管以观察并保持油水界面处于适当高度。天然气通过斜管从分离罐中出来，进入回收蒸气用压缩机，并送入某罐存作燃料

采油设备上也必须配备精确的油气计量及原油取样设备。采用矿场自动接受、取样、计量、转输装置或标定计量罐后，这些工作就可自动完成。图 1-10 表示常用的矿场自动接受、取样、计量、转输装置。

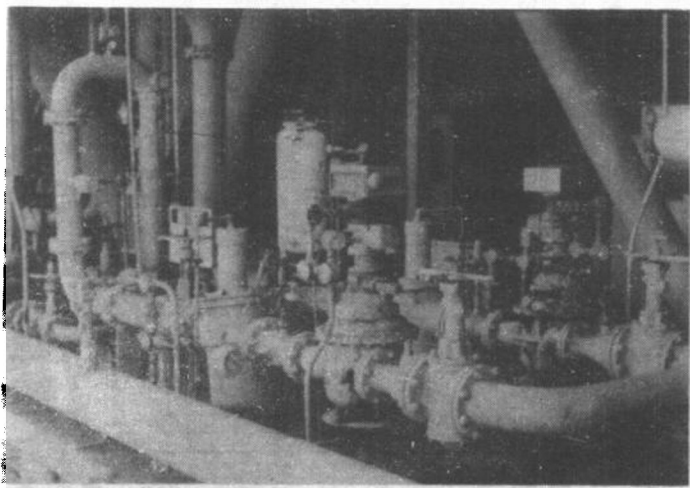


图 1-10 用于输油监测的矿场自动接受、取样、计量、转输装置。图中左侧的立式环道为底部沉积物及水的指示器及取样器。原油进入计量器之前，先要经该环道顶部带脱气器的过滤器。该计量器包括有油温及原油相对密度的校正器。这样即可完成取样，并对计量器的输出值与计量标定管的标准值（图中未表示）进行校正

随同采油过程中采出的水，在大多数海洋采油平台上则排入海中；若在陆地油矿上则排入池中使其蒸发掉。通常，可将它排放至处理矿场水的污水井中，或作回注水用。总之，从分离器中出来的水，必须予以处理，以去掉其中所含少量油。拟排放至污水井中的水必须经过过滤设备，将水中的固相颗粒滤掉。

原油中脱出的水分可在卧式或立式隔油罐中进行隔油处理。

该隔油罐的外形很象分离器。原油中分离出来的水也可在本书中提到的许多享有专利设计的装置中进行隔油处理。例如，波纹板隔油器（图 1-11）、浮选装置（图 1-12）和隔油管桩。也可采用带盘管组件或不带盘管组件的隔油罐。

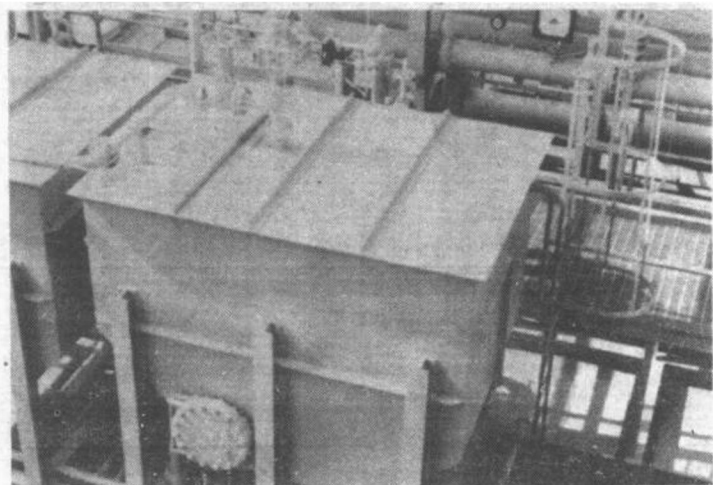


图 1-11 处理含油污水用的波纹板隔油器。该装置中上部的隔油板可以取出来，这样，可对该装置中下部的隔油板进行清除油污等维护作业

随同井内流体而带出的固相物也必须予以分离、净化，处理后的排放物应符合环保条例的规定。这些处理装置可为沉降池或沉降罐、旋流分离器、过滤器等。图 1-13 为常用的旋流分离器或“除砂”装置。

油井必须备有测试及计量设备，以便对每一油井的天然气、原油及水的产量正确进行配产。这样做不仅是为了计量，也是为了在油田行将枯竭之时，对油层进行评价研究。

前面几段总结了采油设备的一些主要功能，但重要的是还要看到：协助采油设备完成主要功能的还有一些辅助系统。它们所

耗用的工时及所需工程措施，与采油作业本身相比，往往要多得多。这些辅助性措施包括：

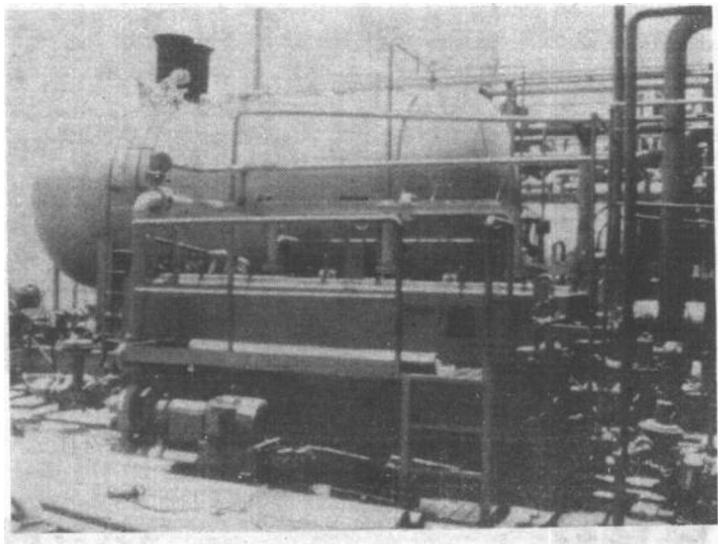


图 1-12 对含油污水进行初次隔油分离处理，再用天然气浮选装置（最前面）对之进行二次处理的卧式隔油罐。经浮选装置隔油后的污水，用泵送回至三个处理槽中再次经循环处理。天然气是利用文丘里管从该污水顶部的气层中吸入并利用喷嘴扩散入污水中

(1) 若在陆地油田采油，则需建立采油矿场，并为之设计道路及基础；若在海上采油，则必须配备采油平台、油轮或某些专用结构等。

(2) 为使采油作业配套完成，必须配备的设备有：发电及配电系统；燃料用天然气及柴油的储罐及处理设备；备用的各种仪器工具及压缩空气；含油污水的处理、水的脱盐处理或锅炉给水的处理。图 1-14 表示常见的发电装置；图 1-15 表示供仪表用的空气压缩机。