

油田地面工程

——采出液处理工艺与设备设计

(第三版)

[美] 肯·阿诺德 毛瑞斯·斯图尔特

马自俊 仪晓玲 王临红

刘国良 张锁兵

译

Surface Production
Operations:
Design of Oil Handling
Systems and Facilities



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

油田地面工程

——采出液处理工艺与设备设计

(第三版)

【美】肯·阿诺德 毛瑞斯·斯图尔特
马自俊 仪晓玲 王临红 刘国良 张锁兵 译

中国石化出版社

著作权合同登记 图字：01 - 2008 - 5690 号

This first edition of Surface Production Operations is published by arrangement with Elsevier Inc. of 200 Wheeler Road, 6th floor, Burlington, Ma 01803, USA.

图书在版编目 (CIP) 数据

油田地面工程：采出液处理工艺与设备设计 (第三版)
(美) 阿诺德, (美) 斯图尔特编; 马自俊等译. —北京:
中国石化出版社, 2009
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0124 - 3

I. 油… II. ①阿… ②斯… ③马… III. 油田开发 - 地面工程 IV. TE4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 192912 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 29 印张 694 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

定价: 85.00 元

译者前言

我国东部油田大都进入开采后期,为提高石油采收率,大规模采用了以注水为主要开采方式的二次采油技术和以注碱、表面活性剂、聚合物等化学剂为开采方式的三次采油技术,这些技术的应用与试验,取得了良好的效果。但对地面工程来说,增加了工作量和处理难度,尤其是以碱、聚合物、表面活性剂为代表的三元复合驱(简称 ASP)采出液,其成分复杂,乳化严重,采出液的处理难度极大,这也为采出液地面处理工程提出了新的更高的要求。复杂采出液的处理研究成为地面工程研究的重要内容。

我在读了本书的英文版后,感觉这是一本难得的有价值的有关全面论述采出液处理的好书,对当前油田采出液处理研究具有指导和帮助作用,于是在出版社领导和编辑的帮助下,与我的同事一起开始翻译这本书。

本书英文原名是“Surface Production Operations—Design of Oil Handling Systems and Facilities”,我们没有按照字面意思直译书名,考虑到本书内容不只是包含原油处理工艺和设备,而是包括油、气、水三相的处理工艺和设备,再结合我国油田的实际情况和习惯,因此将书名译为《油田地面工程——采出液处理工艺与设备设计》。

本书在翻译过程中尽量忠实于原著,但也未拘泥于原著。在翻译中尽量做到准确表达原作者的原意,又考虑照顾中国读者的习惯,同时对原作者的明显笔误或印刷错误作了勘误。对于原著中的美制或英制单位没有换算成公制单位,为方便大家使用本书,译者特在书后附上了常用单位换算表。

本书共分 10 章,其中第 1、2、3、4 章及序言和附录由马自俊高级工程师翻译,第 5、6、7、8 章由仪晓玲工程师翻译,第 9 章由王临红高级工程师和刘国良工程师共同翻译,第 10 章由刘国良工程师和博士生张锁兵翻译。由马自俊高级工程师对全书进行了校对。

译文中错漏之处,敬请指正。

马自俊

第三版致谢

诸多人士为《油田地面工程(卷1)——采出液处理工艺与设备设计》修订为今天的第三版提供了帮助。真正的贡献应该属于35年以来在油气工业中我所指导过或与我一同工作过的45000多名专业人士,是他们鞭策我将想法变成了现实。需要感谢的公司众多,无法一一罗列,但需要特别强调的是正是这些公司中的工程师、管理人员、技术员和操作人员他们所面临的真正挑战给了我很大启示。我有幸与世界上最好的公司的员工一起工作,本书特为他们的高瞻远瞩和持之以恒而作。

尽管我无法对以此方式帮助过我的每一位人士一一致谢,但我还是要感谢我的同事和朋友: PT Loka Datamas Indah 的 Jamin Djuang; 东南亚石油培训中心(PTSEA)的 Chang Choon Kiang, Amran Manaf 和 Ridzuan Arrifin; Resourse Plus 的 Clem Nwogbo; PTTEP 的 Khun Aujchara 和 Bundit Pattanasak; 雪佛龙尼日利亚公司的 Al Ducote 和 Abdelnor, 雪佛龙安哥拉公司(CABGOC)的 David Rodriguez。

感谢雪佛龙尼日利亚公司的 Samuel Sowunmi 和道达尔印度尼西亚公司的 Mochammad Zainal - Abidin, 两位负责本书的校对和勘误工作。也要感谢斯图尔特培训公司(STC)的 Yudhianto 根据草图为本书绘制了上百幅说明图。尤其要感谢的是 STC 的 Heri Wibowo, 其负责协调全书的打字和绘图工作,同时 Heri 还负责最后的编辑和统稿工作。即使这样,我仍要为书中难免存在的错误负责。

最后,我要感谢我的夫人 Dyah,她是我的精神支柱,在我最需要的时候她给予我支持和鼓励。

毛瑞斯·斯图尔特

本书第一版的出版凝结了本人20多年经验以及壳牌和 Paragon 工程服务公司(现称为 AMEC Paragon)技术人员的智慧。毛瑞斯提供了几个章节的草稿,还有其他资料和技术帮助。

第二版由毛瑞斯主笔,我为负责对现有章节作调整的 AMEC Paragon 工程师们提供指导和技术资料。这些工程师是: Eric Barron、Jim Cullen、Fernando De La Fuente、Robert Ferguson、Mike Hale、Sandeep Khurana、Kevin Mara、Matt McKinstry、Carl Sikes、Mary Thro、Kirk Trascher 和 Mike Whitworth。David Arnold 做了统稿工作。

本版提供的新资料很有意义,它是毛瑞斯在原版的基础上对历年教学和咨询经验的总结。我主要是一个技术总结者,在提供新资料方面所做甚少。毛瑞斯为新版的发行作出了巨大贡献。

肯·阿诺德

关于本书

《油田地面工程(卷1)——采出液处理工艺与设备设计》是一本关于油水处理设备设计、选型、定型、安装、运行、测试和检修的工具书,其内容全面、新颖。它是至今为止第一本最为全面涉及地面工程各个阶段的综合性图书,范围涵盖采出液从初始进入入口管线,再经分离、处理、调节和加工设备直至出口管线流出全过程。本书所涉及的最重要的概念是气液分离、液液分离、原油处理、脱盐、水处理、注水、原油稳定等。

新版在老版的基础上进一步加强了其作为设备工程处理方法和标准的设计手册的作用。新版增加了一些重要的机械设备及相关数据、术语和图表、图示。同时也增加了改进的技术和基本方法,以指导工程师设计地面工程设备并将化学处理方法正确应用于处理设备。

地面工程系列丛书的每一卷本都为现场工程师提供了条理清晰的设计步骤,提供了设备选型的详细说明,提供了可靠实用的图表和术语解释。设备工程师、设计师和操作者会在本书中增加在设计、定型、运行和检修地面工程设备过程中的一些“感受”,读者也会从根本上理解这些系统在设计 and 运行设备过程中的不确定性和一些假设条件以及这些设备使用过程中所受的限制和优缺点。

第三版前言

我和肯·阿诺德为从事地面工程设计和运行的工程师撰写此书，纯属抛砖引玉。本书对油气生产设备的设计、定型和运行管理提供了基本概念和技术。

早在 20 世纪 80 年代，我和肯就开设了一系列有关地面设备设计的研究生课程，我们在休斯敦大学、杜兰大学和路易斯安那州立大学石油工程系教授这些课程。20 世纪 80 年代中期，我们把讲义印刷成了两卷本的地面工程系列图书。自从出版以来，这些图书成为了该行业的标准并被世界各个产油区的成千上万的人们所使用。

我们开设两个 5 日制有关油气处理设备的继续教育强化课程讲授生产设备设计，重点讲授如何设计、选型、定型、安装、运行和检修设备。

这些课程闻名遐迩，传播到了东南亚、北非和西非、北海、西欧和南欧、中国、中亚、民主刚果、印度、中美洲和南美洲、澳大利亚、加拿大以及整个美国。20 世纪 80 年代后期，为回应国际油气公司和设计咨询公司的要求，我们又开设了全面讲述生产设备设计的 5 日讲座。这样 20 + 5 的继续教育课程讲义就成为本书的出版蓝本。

《油田地面工程(卷 1)——采出液处理工艺与设备设计》第三版是在经典课程的基础上，进一步强调了其作为生产设备工程设计手册的作用，每一章都扩充了内容，更新了资料，每一章都经过仔细审查，剔除了老旧资料，更换上了较新的设计技术；当然也不是对所有资料都作了更新，因为很多所谓的老旧资料至今依然有用，依然可以设计出好的设备。添加的图表有助于用于设计或解释设计技术。本书既提供了实际应用所需的理论，同时也提供了与理论相关的应用方程的使用方法，这些设计所需的方程分别以 SI 单位和油田单位表示。本书也试图努力提供准确的具有适用代码、标准和实际案例的工程判断和选择的指导准则。

目 录

译者前言

第三版致谢

关于本书

第三版前言

第1章 生产设备	(1)
简介	(1)
设备运行	(6)
设备类型	(7)
第2章 工艺选择	(10)
简介	(10)
控制工艺	(10)
控制阀的操作	(10)
压力控制	(10)
液位控制	(13)
温度控制	(13)
流量控制	(14)
基本系统构成	(14)
井口和管汇	(14)
分离	(14)
起始分离压力	(14)
多级分离	(14)
分离级数选择	(16)
不同自喷油压的油田	(17)
分离器运行压力确定	(17)
两相与三相分离器	(18)
工艺流程	(18)
原油处理和储存	(19)
矿场原油自动接受、取样、计量、转输系统(LACT)	(21)
泵	(23)
水处理	(23)
压缩机	(23)

气体脱水	(24)
试井	(27)
气举	(27)
有关海上平台	(30)
综述	(30)
模块化施工	(30)
设备布置	(30)
第3章 基本原理	(32)
简介	(32)
油田化学基础	(32)
元素、化合物和混合物	(32)
相对原子质量和相对分子质量	(32)
烃的命名	(33)
石蜡烃(C_nH_{2n+2})	(33)
石蜡烃化合物	(34)
酸和碱	(34)
流体分析	(34)
物理性质	(35)
相对分子质量和表观相对分子质量	(36)
气体相对密度和密度	(37)
非理想气体状态方程	(39)
对比性质	(40)
液体密度和相对密度	(48)
黏度	(51)
气体黏度	(52)
液体黏度	(52)
油-水混合物黏度	(52)
相态	(55)
体系组分	(56)
单组分体系	(56)
多组分体系	(58)
贫气体系	(58)
富气体系	(58)
反凝析体系	(59)
相包络线的应用	(60)
黑油油藏	(60)
相图性质	(60)

矿场性质	(60)
实验室分析	(61)
挥发油油藏	(61)
相图性质	(61)
矿场性质	(61)
实验室分析	(61)
反凝析气油藏	(62)
相图性质	(62)
矿场性质	(62)
实验室分析	(62)
湿气油藏	(63)
相图性质	(63)
矿场性质	(63)
干气油藏	(63)
相图性质	(63)
设计所需资料	(64)
闪蒸计算	(64)
流体性质描述	(79)
气体相对分子质量	(80)
气体流量	(80)
液体相对分子质量	(81)
液体相对密度	(81)
液体流量	(82)
流体	(83)
近似闪蒸计算	(83)
其他性质	(84)
习题	(87)
参考文献	(92)
第4章 油气两相分离	(93)
简介	(93)
相平衡	(93)
影响分离的因素	(94)
气液分离器功能性部分	(94)
入口分流区	(94)
集液区	(94)
重力沉降区	(95)
捕雾器区	(95)

设备描述	(96)
卧式分离器	(96)
立式分离器	(96)
球形分离器	(97)
离心分离器	(98)
文丘里分离器	(98)
双筒卧式分离器	(99)
带“立式筒体”或称“集水器”的卧式分离器	(100)
过滤分离器	(100)
涤气器	(101)
液体段塞捕集器	(101)
关于设备选型	(101)
容器内部构件	(103)
入口分流器	(103)
防波板	(105)
消泡板	(106)
防涡器	(106)
蒸馏井	(106)
喷砂嘴和排砂管	(106)
捕雾器	(107)
简介	(107)
作用在液滴上的重力和拖曳力	(108)
冲击型	(108)
阻挡式	(109)
丝网式	(110)
微纤维式	(113)
其他构型	(114)
最终选型	(115)
潜在运行问题	(116)
泡沫原油	(116)
石蜡	(117)
砂子	(117)
液体携带	(117)
气窜	(118)
液体段塞	(118)
设计理论	(119)
沉降	(119)

液滴大小	(123)
停留时间	(124)
液体再捕集	(124)
分离器设计	(124)
卧式分离器的尺寸确定——半满式	(124)
气体容量约束	(125)
液体容量约束	(127)
缝间长度	(129)
长细比	(129)
确定卧式分离器尺寸的步骤——半满式	(130)
非半满式卧式分离器尺寸的确定	(130)
气体容量约束	(131)
液体容量约束	(132)
立式分离器尺寸确定	(133)
气体容量约束	(134)
液体容量约束	(136)
缝间长度	(137)
长细比	(138)
确定立式分离器尺寸的步骤	(139)
示例	(139)
符号说明	(144)
综合练习	(146)
习题	(148)
参考文献	(152)
第5章 油气水三相分离	(153)
简介	(153)
设备描述	(154)
卧式分离器	(154)
式(5-1)的推导	(157)
游离水脱除器	(157)
导流器	(157)
带有“立式筒体”的卧式三相分离器	(158)
立式分离器	(159)
有关设备选型	(162)
容器内部设置	(163)
聚结板	(163)
湍流聚结器	(163)

潜在运行问题	(164)
乳状液	(164)
设计原理	(164)
气体分离	(164)
油 - 水沉降	(164)
油中水滴尺寸	(165)
水中油滴尺寸	(165)
停留时间	(166)
分离器设计	(166)
确定卧式分离器尺寸——半满法	(166)
气体容量约束	(166)
停留时间约束	(167)
式(5-4a)和式(5-4b)的推导	(167)
油相中水滴的沉降	(169)
式(5-5a)和式(5-5b)的推导	(169)
式(5-7)的推导	(171)
水相中油滴的分离	(172)
缝间长度	(172)
长细比	(173)
确定卧式三相分离器尺寸的方法——半满法	(173)
非半满法确定卧式分离器的方法	(174)
气体容量约束	(174)
停留时间约束	(175)
沉降方程约束	(176)
立式分离器的尺寸计算	(177)
气体容量约束	(178)
油相中水滴的沉降分离	(179)
式(5-21a)和式(5-21b)的推导	(179)
水相中油滴的沉降分离	(180)
停留时间约束	(181)
式(5-24a)和式(5-24b)的推导	(181)
缝间长度	(182)
长细比	(183)
确定立式三相分离器尺寸的方法	(183)
示例	(185)
符号说明	(192)
综合练习	(195)

习题 (197)

第 6 章 压力容器的机械设计 (201)

简介 (201)

设计参数 (201)

 温度设计 (201)

 压力设计 (201)

 允许压力最大值 (203)

 壁厚确定 (203)

 耐腐蚀度 (207)

检查方法 (208)

容器重量估算 (209)

压力容器的规格与设计 (210)

 压力容器规格 (210)

 装配图 (213)

 喷嘴 (214)

 防涡器 (215)

 检修孔 (216)

 容器底座 (216)

 梯子和平台 (216)

 压力安全阀 (217)

 防腐措施 (217)

综合练习 (221)

习题 (222)

参考文献 (224)

第 7 章 原油处理及脱盐系统 (225)

原油处理系统简介 (225)

设备描述 (225)

 游离水脱除器 (225)

 带有内置和外置集气立管的油水分离沉降罐 (226)

 卧式液体处理器 (229)

 加热器 (231)

间接加热器 (232)

直接加热器 (232)

余热回用 (232)

加热器尺寸计算 (233)

 加热处理器 (233)

立式加热处理器 (233)

聚结介质	(236)
卧式加热处理器	(236)
静电加热处理器	(240)
原油脱水器	(243)
热处理器尺寸设计	(245)
乳状液处理理论	(245)
简介	(245)
乳状液	(245)
密度差	(246)
水滴尺寸	(246)
黏度	(246)
界面张力	(246)
乳化剂的存在和浓度	(247)
水的矿化度	(247)
乳状液的老化	(247)
搅动作用	(247)
乳化剂	(248)
破乳剂	(249)
瓶试法	(250)
现场试验	(251)
现场优化	(251)
破乳剂更换	(251)
破乳剂问题解决途径	(251)
乳状液处理方法	(252)
概述	(252)
加药方式	(252)
化学剂用量	(252)
关于瓶试法	(252)
脱水速度	(253)
乳化层	(253)
界面	(253)
水相浊度	(253)
油色	(253)
离心作用	(253)
化学剂筛选	(253)
沉降罐或“油水分离罐”	(253)
立式热处理器	(253)

卧式热处理器	(254)
沉降时间	(254)
聚并	(254)
黏度	(255)
热作用	(257)
电聚并	(261)
水滴大小及停留时间	(262)
处理设备尺寸设计	(262)
概述	(262)
所需热量	(263)
式(7-5a)和式(7-5b)的推导	(263)
关于重力分离	(264)
沉降方程	(264)
卧式容器	(265)
式(7-8a)和式(7-8b)的推导	(265)
立式容器	(266)
油水分离器	(266)
横向流处理器	(266)
式(7-10a)、式(7-10b)、式(7-11a)和式(7-11b)的推导	(267)
停留时间方程	(268)
卧式容器	(268)
立式容器	(268)
油水分离器	(269)
横向流处理器	(269)
式(7-12a)和式(7-12b)的推导	(269)
水滴尺寸	(270)
设计步骤	(271)
设计步骤概述	(271)
立式加热处理器及油水分离器(带有内/外集气立管的水洗罐)的设计步骤	(272)
卧式加热处理器的设计步骤	(272)
横向流处理器的设计步骤	(272)
示例	(275)
实际应用	(280)
带有内/外集气立管的油水分离器	(280)
热处理器	(280)
热静电处理器	(280)
原油脱盐系统	(280)

简介	(280)
设备描述	(281)
脱盐器	(281)
混合设备	(281)
球形阀	(281)
喷雾嘴	(281)
静态混合器	(281)
过程描述	(282)
一级脱盐	(283)
二级脱盐	(283)
符号说明	(284)
综合练习	(285)
习题	(288)
参考文献	(291)
第8章 原油稳定	(292)
简介	(292)
基本原理	(292)
相平衡	(292)
闪蒸计算	(293)
流程	(293)
多级分离	(293)
原油热处理器	(293)
液态烃稳定器	(294)
冷却进料稳定器	(295)
回流式稳定器	(296)
设备描述	(297)
稳定塔	(297)
塔板和填料	(298)
塔板	(298)
填料	(300)
塔板或填料的选择	(301)
稳定塔再沸器	(302)
稳定塔冷却器	(302)
稳定塔回流系统	(302)
稳定塔进料冷却器	(302)
稳定塔加热器	(302)
稳定塔设计	(303)