

油田开发专业技术知识 精读本

于宝新 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书系统介绍了油田开发方面的专业技术知识,内容包括油田清、防蜡技术,油田压裂、酸化技术,油田套管损坏诊断与修复技术,油田堵水、调剖技术等。

本书可供油田开发的专业技术人员参考使用,也可作为油田开发专业技术人员的学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

油田开发专业技术知识精读本/于宝新主编.
北京:石油工业出版社,2004.9

ISBN 7-5021-4908-2

- I. 油…
- II. 于…
- III. 油田开发-基本知识
- IV. TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 130016 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心排版

印 刷:北京晨旭印刷厂印刷

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

850×1168 毫米 开本:1/32 印张:4.375

字数:115 千字 印数:1—3800 册

定价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《油田开发专业技术知识精读本》

编 委 会

主 任：隋新光 王 研

主 编：于宝新

副 主 编：仲斯伟 陈 刚

参加编校人员：何光中 余庆东 李自平 宋 杰

赵 嵩 杨丽慧 王秀丽 陈 民

刘忠臣 于艳梅 李江生 刘 卓

曲桂荣 张金瑞 高立新 孟祥鹏

何贯中 贾士昌 于晓明 邓来栓

张学林 胡国良 秦笃国 张子辉

张 杰 肖书琪 霍苗苗 王笑春

任建涛 赵冰梅 李春祥 孙 玲

时利祥 刘 华 孟祥杰 王艳梅

李清志 刘忠恒 曹爱庆 周贵军

金德军 徐长青 梁夫霞

编 辑：于宝新

封 面 设 计：杨晓波 关 宇

前 言

随着全球经济的飞速发展,各国对石油的依赖、进口不断地增加。特别是在当今世界石油需求量不断增加,石油价格不断攀升的情况下,各国都在加快寻找、勘探、开发油气田。目的就是把不可再生的石油资源,从地下充分开采出来,以满足人民对物质生活的需求。

大庆油田作为我国石油生产的重要工业基地,肩负着祖国和人民的重托。在“创建百年油田”的今天,为了保持油田较高的生产水平,多产石油,就急需一大批懂技术、会分析、会管理的专业技术人才管理队伍。《油田开发专业技术知识精读本》一书,正是在这种大环境下编著完成的。

该书从内容上,紧扣油田开发过程中的生产实际和所遇到的技术问题,结合油田已普遍使用的技术,从方法上详细介绍使用范围、存在的优缺点、使用过程中需要注意的问题。另外,还针对近两年在油田开发技术座谈会和已出版的专业技术论文中发表的新技术、新方法,在书中做了详细的介绍,并通过现场应用效果做了点评。书中所涉及的技术知识,包括措施的选井、选层、工艺技术的筛选及效果的分析、经济效益的评价等,都做了较为详细的叙述。

《油田开发专业技术知识精读本》阐述的专业技术知识内容主要包括:“油田清、防蜡技术”,“油田压裂、酸化技术”,“油田套管损坏诊断与修复技术”,“油田堵水、调剖技术”4个方面的内容。本书能较好地启发和帮助专门从事油田开发的专业技术人员,去学习、探讨、掌握所遇到的此类技术问题。本书是油田开发专业技术人员较通俗的业务学习教材。相信通过阅读本书,油田开发专业技术人员能较快地掌握相关的知识,对其自身的成长、业务知识

的积累起到较好的提高和帮助。

本书由长期从事油田开发的专业技术骨干人员编写,前后用了近两年时间。在编写过程中,得到了大庆油田有限责任公司人事部培训科、油田开发部以及相关采油厂的油藏工程、采油工程专业技术人员的鼎力协助。采油一厂总地质师隋新光、副总工程师王研,在百忙的工作中,抽出时间专门为本书审阅、把关、定稿,并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于技术水平有限,在编辑过程中难免出现错误和认识上的问题,希望读者给予批评和指正。

编 者

2004年8月于大庆

第一篇 油田清、防蜡技术

第一章 采油井、集输管道内蜡的形成原因	(3)
第一节 石油中的蜡及其形成的原因	(3)
第二节 采油井结蜡的原因	(3)
第三节 原油输送管道结蜡的原因	(4)
第二章 采油井、集输管道结蜡带来的危害及影响	(6)
第一节 采油井、集输管道结蜡的影响条件和影响因素	(6)
第二节 结蜡给生产过程带来的危害和影响	(8)
第三章 采油井清、防蜡技术	(10)
第一节 采油井机械清蜡技术	(10)
第二节 采油井化学清、防蜡技术	(16)
第三节 采油井热力清、防蜡技术	(19)
第四节 采油井强磁防蜡技术	(27)
第五节 采油井环空(超声波+电热)清蜡技术	(28)
第六节 采油井表面能防蜡技术(油管内衬和涂层防蜡)	(30)
第四章 采油集输管道清、防蜡技术	(31)
第五章 采油井现场试验的清、防蜡新方法	(32)
第一节 HRT 滑套式热敏器	(32)
第二节 声波降粘防蜡装置	(34)

第二篇 油田压裂、酸化技术

第一章 采油井、注水井压裂改造技术	(39)
第一节 水力压裂	(39)
第二节 采油井、注水井要实施压裂改造的原因	(40)
第二章 采油井、注水井油层压裂工艺技术的现场应用 ...	(42)
第三章 采油井、注水井压裂工艺技术和压裂井、层的选择	(51)
第一节 采油井、注水井压裂工艺技术的选择	(51)
第二节 采油井、注水井压裂选井、选层标准	(53)
第四章 采油井、注水井压裂方案的设计及效果评价	(55)
第一节 采油井、注水井压裂方案的设计	(55)
第二节 采油井、注水井选择压裂措施需要搞清和注意的问题	(55)
第三节 采油井、注水井压裂效果的评价	(56)
第五章 采油井、注水井酸化改造技术	(57)
第一节 酸化	(57)
第二节 采油井、注水井实施酸化增产、增注的原因	(58)
第三节 采油井、注水井油层酸化的主要功能和作用 ...	(59)
第六章 采油井、注水井酸化工艺技术的现场应用	(62)
第七章 采油井、注水井酸化工艺技术和酸化井、层的选择	(67)
第一节 采油井、注水井酸化工艺技术的选择	(67)
第二节 采油井、注水井酸化选井、选层的标准	(68)
第八章 采油井、注水井酸化方案的设计及效果评价	(70)
第一节 采油井、注水井酸化需要搞清和注意的问题 ...	(70)
第二节 采油井、注水井酸化效果的评价	(71)

第三篇 油田套管损坏诊断与修复技术

第一章 采油井、注水井套管损坏类型及原因	(75)
第一节 套管变形	(75)
第二节 套管错断	(77)
第三节 套管破裂(外漏)	(79)
第二章 采油井、注水井套管损坏的成因、分布特点与规律	(81)
第一节 采油井、注水井套管损坏的成因及影响因素 ..	(81)
第二节 采油井、注水井套管损坏前的异常反应及表现	(83)
第三节 大庆油田套管损坏井的分布特点和规律	(84)
第三章 采油井、注水井套管损坏的检测技术	(85)
第四章 采油井、注水井套管损坏修复技术	(93)
第五章 采油井、注水井的套管防护职责与管理	(98)
第一节 采油井、注水井套管防护管理人员的职责	(98)
第二节 采油井、注水井套管防护措施及要求	(99)

第四篇 油田堵水、调剖技术

第一章 采油井堵水技术	(103)
第一节 高含水期采油井实施堵水的原因	(103)
第二节 采油井堵水技术的分类及作用	(105)
第二章 采油井堵水工艺技术的现场应用	(108)
第一节 机械法堵水管柱的使用要求	(108)
第二节 化学法堵水堵剂的使用要求	(110)
第三节 物理法堵水方法的使用要求	(111)
第三章 采油井堵水选井、选层及油层的适用性	(114)
第一节 采油井堵水选井、选层的原则	(114)
第二节 采油井堵水工艺技术的选择	(115)

第三节	采油井堵水效果的综合评价	(115)
第四章	注水井化学调剖技术	(117)
第一节	高含水期注水井实施化学调剖的原因	(117)
第二节	注水井化学调剖技术的分类及作用	(117)
第五章	注水井化学调剖工艺技术的现场应用	(119)
第六章	注水井化学调剖选井、选层及油层的适用性	(123)
第一节	注水井化学调剖选井、选层的原则	(123)
第二节	注水井调剖工艺技术的选择	(124)
第三节	注水井化学调剖效果的综合评价	(126)
参考文献		(128)

第一篇 油田清、防蜡技术

第一章 采油井、集输管道内蜡的形成原因

第一节 石油中的蜡及其形成的原因

石油主要是由各种组分的烃(碳氢化合物)组成的多组分混合物。各种组分烃的相态,随着其所处的状态(温度和压力等)不同而变化,呈现出液相,气液两相或气、液、固三相。其中含碳原子数为 $C_{15} \sim C_{42}$ 左右时,呈固态的碳氢化合物称为蜡。凡是碳氢化合物分子在 $C_{16}H_{34}$ 到 $C_{64}H_{130}$ 之间的烷烃称为石蜡。

石油中的石蜡,以正构烷烃为主要部分,但也含有一定量的异构烷烃、环烷烃和芳烃。高碳正构烷烃在地层温度和压力下,以分子状态溶解在原油中。石蜡为白色略带透明的结晶体,密度为 $880 \sim 905 \text{kg/m}^3$,熔点 $49 \sim 60^\circ\text{C}$ 。在原油开采过程中,沉积在管壁上的石蜡,除含有上述烷烃外,还有含量不等的胶质、沥青质、盐类、泥砂等有机物质和无机物质。在上述主要因素的影响下,石蜡结晶析出并且逐渐附着在油流通过的管壁上,甚至附着在油层的孔隙中,从而形成了蜡。

第二节 采油井结蜡的原因

当采油井未投入生产时,在油层高温、高压条件下,蜡能溶解在原油中。当采油井投入生产后,原油由地层流入井底,再从井底上升到井口。在整个流动过程中,其压力和温度逐渐降低。当温度和压力降到析蜡点时,蜡即从原油中结晶析出。随着温度的进一步降低,蜡中气体析出,其结晶析出的蜡聚积和沉积在管壁上,

就出现采油井的结蜡现象。

不同油田原油的含蜡量不同、开采条件不同,结蜡的严重程度也不同。原油含蜡量越高,结蜡越严重。表 1—1 为大庆油田不同油层地面脱气原油性质统计表。

表 1—1 大庆油田地面脱气原油性质统计表

项目 油层	相对 密度	粘度 mPa·s	凝固点 ℃	含蜡量 %	蜡融点 ℃	初馏点 ℃	恩氏蒸馏		分析样 品数
							轻质 %	重质 %	
萨尔图 油层	0.857	19.0	22.4	22.6	48.6	91.0	39.4	60.6	38
葡萄花 油层	0.860	21.8	24.0	24.1	49.4	85.6	35.8	64.2	50
高台子 油层	0.865	23.6	26.5	20.5	52.3	76.8	35.8	64.2	4

注:大庆油田地下油层原油性质:原油相对密度 0.793 ~ 0.805,原油粘度 8.6 ~ 9.6 mPa·s。

第三节 原油输送管道结蜡的原因

原油在集输过程中,温度是逐渐降低的。当温度低于析蜡点时,原油中会析出固体石蜡结晶,有的石蜡结晶会粘附在管道内壁,形成石蜡结晶中心,或悬浮于原油中形成两相系统。当温度继续降低时,管壁蜡晶开始长大、扩展,形成厚度不均匀的结蜡层,致使管道内径逐渐变小。当原油中蜡晶大量析出后,管道会降低集输油的能力、增加集输油的能耗。这对原油集输是不利的(图 1—1)。

原油输送管道结蜡,除了受原油温度主要影响因素外,管壁温差、原油含水率和流速等因素也有较大的影响。原油管道内的石蜡沉积,随管壁内、外温差的增加而增大。这是由于管壁内、外温

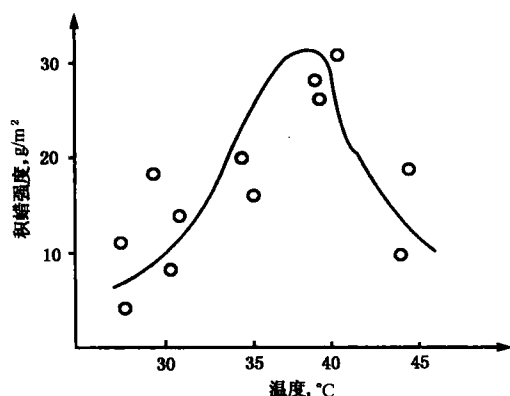


图 1—1 大庆原油油温与管壁积蜡强度的关系曲线

高于 45℃ 为积蜡缓增区; 30 ~ 40℃ 为积蜡高峰期;

低于 30℃ 为积蜡递减区

差越大,越易使靠近管壁处的原油析蜡,并直接在管壁上结晶,同时蜡晶随着管壁内、外温差的增加而增大。

原油管道内石蜡的沉积,随原油含水率的增加而逐渐降低。当原油含水率增高时,水容易在管壁处形成水膜,减少了石蜡与管壁直接接触的机会。当原油含水超过 65 % 时, W/O (油包水) 乳状液将反转为 O/W (水包油) 乳状液,从而导致石蜡沉积强度大幅度下降。

当原油管道液流在层流 (0.75 ~ 2.2m/s) 范围内时,原油管道内石蜡的沉积强度,随原油流速的增加而减小。流速越大,管壁附近的剪切应力也越大,从而削弱了石蜡在管壁上的沉积条件,使石蜡沉积强度明显降低。

第二章 采油井、集输管道结蜡带来的危害及影响

第一节 采油井、集输管道结蜡的影响条件和影响因素

一、影响条件

- (1)原油的组成成分(包括蜡、胶质和沥青的含量);
- (2)采油井的开采条件——温度、压力、气油比和产量;
- (3)原油中的杂质(泥、砂、水等);
- (4)油管、集输管线管壁的光滑程度及表面性质。

二、影响因素

- (1)原油的性质和含蜡量。

采油井结蜡的内在因素是原油中溶解有石蜡。在其他条件相同的前提下,原油中的含蜡量高时,蜡的结晶温度就高。在同一含蜡量下,重油的蜡结晶温度高于轻油的结晶温度。

- (2)原油中的胶质、沥青质。

原油中含有胶质、沥青质,影响蜡的初始结晶温度和蜡的析出过程及结在管壁上的蜡性。

胶质为表面活性物质,它可吸附于石蜡结晶表面上,阻止蜡结晶的发展。沥青质不溶于油,而是以极小的颗粒分散于油中,对石蜡结晶有良好的分散作用。由于胶质、沥青质的存在,石蜡结晶分散得均匀而致密,在管壁上沉积的石蜡强度将明显增加。因此,原油中含有胶质、沥青质虽可减轻结蜡,但结蜡后粘结强度大,不易被油流冲走。

(3) 压力和溶解气。

原油从油层到地面的流动过程中压力不断降低,在井筒中由于热交换,油流温度也不断降低。当油层压力降低到饱和压力以后,便有气体析出并边分离边膨胀,发生吸热过程,促使油流温度降低,有利于蜡结晶析出和结蜡。

(4) 原油中的水和机械杂质。

原油中的水和机械杂质,对蜡的初始结晶温度影响不大。但油中所含的粉细砂粒及机械杂质,将成为石蜡析出的结晶核心,从而促使石蜡结晶的析出,加剧结蜡的过程。随着含水量的增加,结蜡程度有所减轻,其原因是:含水后可减少液流温度的降低,同时在管壁易形成连续水膜,不利于蜡沉积在管壁上。

(5) 液流速度与管子表面粗糙程度对表面性质的影响。

采油井的生产实践表明:低产量井结蜡情况严重。这是由于低产量井压力低、脱气多、初始结晶温度较高;同时液流速度小,井筒中热损失大,使油流在井筒内较低的温度下易析出蜡。同时由于油流流速低,对管壁的冲刷作用弱,石蜡易沉积在管壁上。

原油在生产过程中的结蜡,往往出现在以下几个方面的情況中:

(1) 原油中含蜡量越高,采油井结蜡越严重;

(2) 产液量低和井口温度低的井结蜡严重;

(3) 采油井综合含水低于 40% 之前,易结蜡;

(4) 油管、集输管线内壁粗糙的部位容易结蜡;

(5) 采油井结蜡的部位,在某一深度内,一口井可以有一个以上结蜡点。随着开采程度的增加,结蜡点可能下移(图 1—2)。

(6) 油、气通过集输管线时,油管保温不好的部位容易结蜡。

大庆油田设计院对室内管道结蜡做了模拟试验,从试验数据结果可以看出,采油井结蜡量与管壁内外平均温差及生产能力关系较大。即管内、外温差大,管道结蜡严重;原油含水率高,采油井产液量大,则管道结蜡量少(表 1—2)。

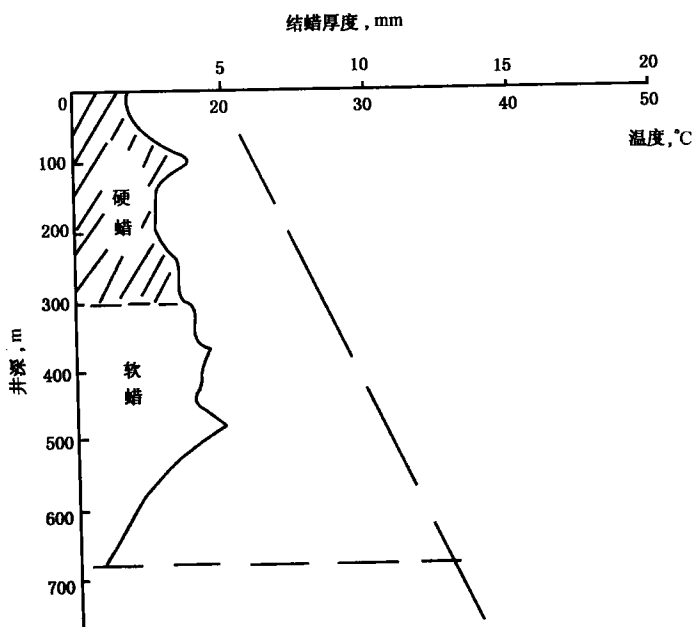


图 1—2 采油井结蜡部位

表 1—2 原油管道结蜡现场试验数据

产液量 m^3/d	含水率 %	管壁内、外平均温差 $^{\circ}\text{C}$	日平均结蜡量 g
192.3	84.0	27/34	1.65/3.30
74.4	63.0	22/29	9.04/19.70
48.6	47.0	20/27	14.23/31.23

第二节 结蜡给生产过程带来的危害和影响

采油井和原油集输管道内结蜡,均在不同程度上影响着原油从井底的正常采出和正常外输至油站、库。

采油井和集输管道内结蜡后,影响流体举升和流动过程的过