

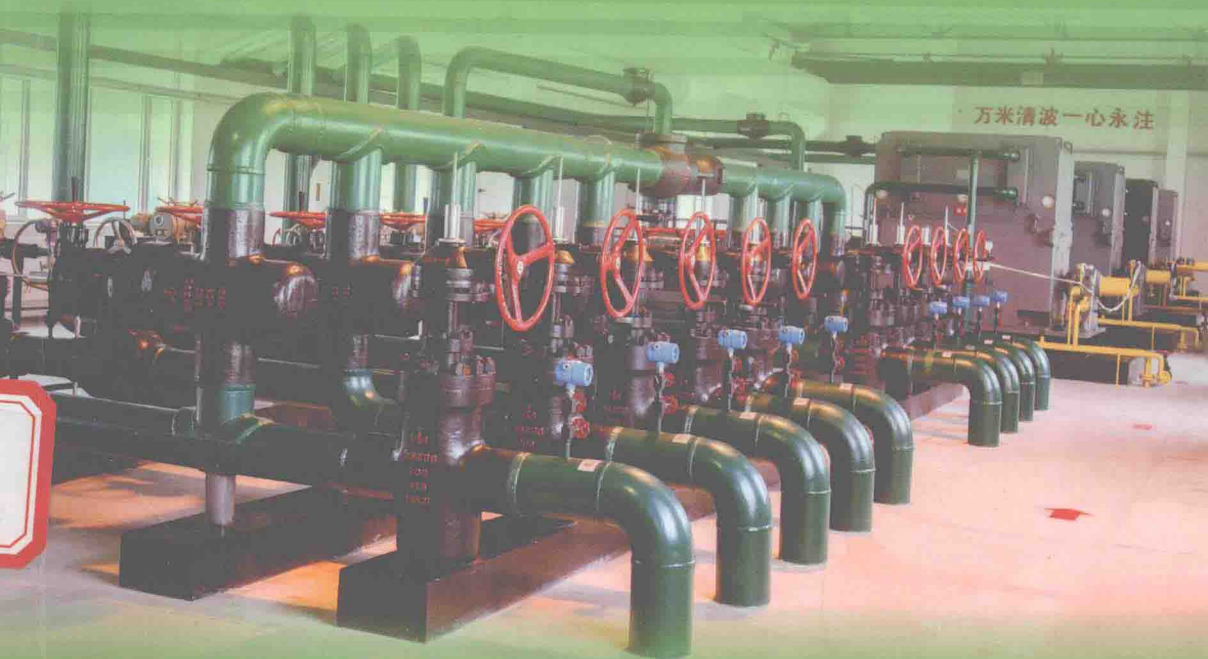


中国石油天然气集团公司统编培训教材

勘探开发业务分册

油田注水开发 技术与管理

《油田注水开发技术与管理》编委会 编



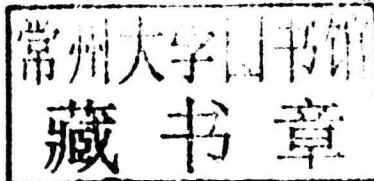
石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

勘探开发业务分册

油田注水开发技术与管理

《油田注水开发技术与管理》编委会 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书结合大庆油田投入注水开发后在油藏工程、采油工程、地面工程和现场管理等方面采取的主要技术和做法,主要介绍了层系井网调整技术、分层注水技术、采出水处理技术、地面注水工艺和油田注水管理等内容。

本书可作为从事油田注水开发的中、高级技术人员和管理人员的培训教材,石油院校相关专业师生也可学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

油田注水开发技术与管理/《油田注水开发技术与管理》编委会编.
北京:石油工业出版社,2016.12

中国石油天然气集团公司统编培训教材

ISBN 978-7-5183-1674-8

I. 油…

II. 油…

III. 油田注水-油田开发-技术培训-教材

IV. TE357.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 307958 号

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64269289 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

710×1000 毫米 开本:1/16 印张:31.5

字数:520 千字

定价:110.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编 审 委 员 会

主任委员：刘志华

副主任委员：张卫国 金 华

委 员：刘 晖 胡永庆 翁兴波 王 跃

马晓峰 闫宝东 杨大新 吴苏江

赵金法 方朝亮 古学进 刘东徐

张书文 雷 平 郑新权 邢颖春

张 宏 侯创业 李国顺 杨时榜

张永泽 张 镇

《油田注水开发技术与管理》

编 委 会

主 任：赵政璋

副主任：吴 奇 杜金虎 王元基 胡炳军

何江川 赵邦六 郑新权 何海清

成 员：李松泉 廖广志 穆 剑 王永祥

李国欣 汤 林 田占良 范文科

李 琤 曾少华 张君峰 刘德来

王喜双 尚尔杰 任 东 胡海燕

张守良 于博生 毛蕴才 赵 刚

何 刚 苏春梅 谭 健 吴晓敬

段 红 陈 莉

《油田注水开发技术与管理》

编 审 人 员

主 编：王元基

副 主 编：万 军 李松泉 汤 林 胡海燕
吴洪彪 杨能宇

编写人员：李彦兴 尚 明 张善严 路晶鑫
王贺军 王庆宇 赵秀娟 张昌艳
戢红霞 邢宝荣 左松林 杨文武
赵凯鑫 李 菁 宋小川 金艳鑫
安伟煜 崔海龙 姜雪岩 黄 伟
朱丽红 张淑娟 刘海龙 韩 宇
刘崇江 蔡 萌 李海成 马 强
梁福民 李 国 畅卫刚 王 力
苏福顺 龙黔胜 兰乘宇 周新宇
戴 鲲 李 琴 于 力 谷洪文
张晓君 王 雷 刘国军 李 军
王 杨 刘青昕 郑 华 郑希科

徐晓会	舒志明	马 骏	范晓刚
侯 杨	庄清泉	王 南	刘洪峰
宗大庆	王文军	李春菊	刘亚三
赵长庆	李威啸	孔德涛	吕 昕
徐 巍	杨淑玲		

审定人员：

王渝明	王正茂	张维智	王凤兰
李彦兴	王 林	毕艳昌	于 力
黄 伟	王松波	于生田	邓 刚
白春云			

序



企业发展靠人才,人才发展靠培训。当前,集团公司正处在加快转变增长方式,调整产业结构,全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事,更深更广参与全球竞争,实现全面协调可持续,特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标,人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素,肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命,面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系,是加强培训基础建设,推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措,是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作,明确提出“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来,由人事部牵头,各部门和专业分公司参与,在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上,经反复研究论证,形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划,全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》(以下简称“统编培训教材”)的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体,充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用,瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展,突出现场应用和实际操作,精心组织编写,由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定,集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局,“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训,具有石油石化管理特色的教材,以自编方式为主,行业适用或社会通用教材,可从社会选购,作为指定培训教材;专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训,是教材编审的主体,按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审,循序推进,计划编审 300 余

门;操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础,侧重主体专业(主要工种)骨干岗位的培训;国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点:

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准,以及集团公司技术发展的最新进展,并将其转化为员工培训的知识和技能要求,具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划,统一确定专业目录,统一组织编写与审定,避免内容交叉重叠,具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作,既有应用理论,又有实际案例和操作规程要求,具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威,集中编写教材,体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域,根据专业目录进行开发,且教材的内容更加注重专业特色,强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法,也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理,符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力,集团公司首批 39 门“统编培训教材”已按计划编审出版,与各企事业单位和广大员工见面了,将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行,对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材,推进集团公司培训的标准化、国际化建设,具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材,为持续推进人才培训工程,激发员工创新活力和创造智慧,加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011 年 4 月 18 日

前言

我国陆上油田主要采用注水开发方式,注水开发技术与管理水平决定了油田的最终采收率和开发效益。

油田注水开发是一门综合性很强的学科,涉及油藏工程、采油工程、地面工程和生产管理等方面。基于油田注水开发的重要性和复杂性,迫切需要一本系统介绍相关内容的培训教材,为有关技术人员和管理人员熟练掌握油田注水开发技术和管理方法提供参考。在中国石油天然气集团公司人事部的组织下,我们组织编写了本书。本书在内容上从大庆油田实际出发,突出了多层砂岩油田注水开发的特点,是一套科学性、实用性、可操作性很强的培训教材。

本书绪论由李彦兴、尚明编写;第一章由张善严、路晶鑫、王贺军、王庆宇编写;第二章由赵秀娟、张昌艳、戢红霞、邢宝荣编写;第三章由左松林、杨文武、赵凯鑫、李菁编写;第四章由宋小川、金艳鑫、安伟煜、崔海龙编写;第五章由姜雪岩、黄伟、朱丽红、张淑娟、刘海龙编写;第六章第一节、第二节由韩宇、刘崇江、蔡萌、李海成、马强、梁福民编写,第三节由李国、畅卫刚、王力、苏福顺编写;第七章第一节由龙黔胜编写,第二节、第三节、第四节由兰乘宇、周新宇、戴鲲编写;第八章第一节、第二节由李琴、于力编写,第三节由谷洪文、张晓君编写;第九章由王雷、刘国军编写;第十章第一节、第二节由李军、王杨编写,第三节由刘青昕、郑华编写,第四节由郑希科、徐晓会编写;第十一章由舒志明、马骏、范晓刚、侯杨编写;第十二章由庄清泉、王南、刘洪峰、宗大庆编写;第十三章第一节由王文军、李春菊编写,第二节由刘亚三编写,第三节由赵长庆、李威啸编写,第四节由孔德涛、吕昕编写,第五节、第六节由徐巍、杨淑玲编写;最后由李彦兴负责全书的统稿和修改工作。

在本书的编写过程中,得到了中国石油勘探与生产分公司油藏管理处、采油采气工艺处、地面建设管理处,大庆油田有限责任公司开发部、勘探开发研究院、采油工程研究院、油田建设设计研究院、第三采油厂、第四采油厂、第六采油厂、井下作业分公司和测试技术服务分公司等单位领导和同志们的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

油田注水开发是一项涉及面广、技术性强的复杂系统工程,由于作者经验水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 6 月

说明

本书可作为中国石油天然气集团公司所属单位进行油田注水开发培训的专用教材。本书主要是针对从事油田注水开发的中、高级技术人员和管理人员编写的,主要内容来源于大庆油田开发实践,专业性和可操作性很强。为便于正确使用本书,在此对培训对象进行了划分,并规定了各类人员应该掌握或了解的主要内容。

培训对象主要划分为以下几类:

(1) 油藏工程专业技术人员,包括油田公司勘探开发研究院和采油生产单位的开发技术研究人员、开发方案编制人员、开发动态分析人员等。

(2) 采油工程专业技术人员,包括油田公司采油工程研究院、井下作业和采油生产单位的工程技术研究人员、工艺方案设计人员等。

(3) 地面工程专业技术人员,包括油田公司油田建设设计研究院和采油生产单位的地面规划人员、方案设计人员等。

(4) 油田生产管理人员,包括油田公司采油生产单位的相关管理人员等。

各类人员应该掌握或了解的主要内容如下:

(1) 油藏工程专业技术人员,要求掌握第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第十章的内容,要求了解第六章、第七章、第八章、第十三章的内容。

(2) 采油工程专业技术人员,要求掌握第六章、第七章、第八章、第九章的内容,要求了解第一章、第二章、第四章、第五章、第十章、第十三章的内容。

(3) 地面工程专业技术人员,要求掌握第十一章、第十二章的内容,要求了解第一章、第二章、第四章、第五章、第十三章的内容。

(4) 油田生产管理人员,要求掌握第十三章的内容,要求了解第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章的内容。

各单位在教学中要密切联系本油田实际,在课堂教学为主的基础上,还应增加生产现场的实习、实践环节。建议根据本书内容,进一步收集和整理其他类型油田注水开发过程中的相关资料和实例,以进行辅助教学,从而提高教学效果。

目 录

绪论	(1)
第一章 层系细分及井网加密调整技术	(12)
第一节 层系细分调整技术	(12)
第二节 井网加密调整技术	(36)
第二章 注采系统调整技术	(52)
第一节 注采系统调整技术的发展	(52)
第二节 注采系统完善程度评价方法	(53)
第三节 注采系统调整方式及效果	(64)
第三章 周期注水技术	(75)
第一节 周期注水机理及适用条件	(75)
第二节 周期注水主要做法	(84)
第三节 周期注水效果	(88)
第四章 高含水期注采结构调整技术	(95)
第一节 注采结构调整的必要性	(95)
第二节 注采结构调整的主要做法	(100)
第三节 注采结构调整效果	(115)
第五章 特高含水期精细挖潜技术	(118)
第一节 精细挖潜的必要性	(118)
第二节 精细挖潜的主要做法	(123)
第三节 精细挖潜实例	(141)
第六章 分层注水技术	(148)
第一节 分层注水工艺	(148)
第二节 测试调配工艺	(165)

第三节	注水井调剖技术	(177)
第七章	注水井增注技术	(194)
第一节	注水井压裂井层优选技术	(194)
第二节	注入井压裂防裂缝口闭合技术	(199)
第三节	保护隔层压裂工艺技术	(203)
第四节	酸化增注技术	(205)
第八章	套管保护及套损井大修技术	(213)
第一节	油水井套管损坏原因	(213)
第二节	油水井套管损坏的防护	(221)
第三节	套损井大修工艺技术	(232)
第九章	注水井带压作业技术	(250)
第一节	带压作业技术概况	(250)
第二节	油管内压力控制技术	(254)
第三节	带压作业装置	(261)
第四节	带压作业管理	(266)
第十章	动态监测技术	(279)
第一节	注入剖面测井技术	(279)
第二节	产出剖面测井技术	(287)
第三节	地层参数测井及套损检测技术	(297)
第四节	井间监测技术	(304)
第十一章	采出水处理工艺技术	(313)
第一节	概述	(313)
第二节	除油技术	(318)
第三节	过滤技术	(331)
第四节	杀菌技术	(346)
第五节	含油污泥处理技术	(349)
第十二章	地面注水工艺技术	(360)
第一节	典型注水站工艺	(360)
第二节	注水节能技术	(363)

第三节	注水系统效率计算与分析	(370)
第四节	非金属管道应用分析	(379)
第十三章	油田注水管理	(386)
第一节	注水井配注方案管理	(386)
第二节	注水工艺技术管理	(411)
第三节	注水井测试管理	(440)
第四节	注水井生产管理	(457)
第五节	采出水处理站及注水站管理	(471)
第六节	采出水回注水质管理	(479)
参考文献		(487)

绪 论

人工注水是简便经济的油田开发方式,是实现原油高产稳产的基础,是提高油田采收率的有效途径。大庆油田在 50 多年的开发实践中,一直高度重视注水工作,针对油藏地质特点及开发过程中出现的矛盾和问题,利用地质认识的深化和工艺技术的进步,不断发展和完善“精细、优质、高效”的注水开发技术,逐步形成了包括油藏工程、采油工程、地面工程及现场管理等方面在内的一系列注水配套技术和管理方法,使油田注水质量不断提高,开发效果不断改善。

正是高度重视注水工作,大庆油田才实现了年产原油 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 以上高产稳产 27 年、 $4000 \times 10^4 \text{t}$ 以上持续稳产 12 年;正是高度重视注水工作,大庆主力油田喇嘛甸、萨尔图、杏树岗(以下简称为喇萨杏)水驱采收率才突破了 50% 大关;正是高度重视注水工作,大庆油田各项开发指标才保持了高水平。2011 年以来,油田产量自然递减率一直控制在 6% 以内,综合递减率控制在 4% 以内,年均含水率上升值控制在 0.3% 左右,剩余可采储量采油速度达到 10% 以上,地层压力保持在合理范围之内。

总结大庆油田在注水开发技术与管理方面的成功经验,主要是坚持以下四项原则。

一、深化油藏认识,不断完善注水开发技术的原则

(一)以提高油层动用程度为目的,不断发展分层注水技术

分层注水是针对油层非均质性,控制渗透率较高油层注水,加强渗透率较低油层注水,缓解层间矛盾,实现注水剖面调整的一种有效方法。

大庆油田油层多,非均质性严重。主力油田喇萨杏发育萨尔图、葡萄花、高台子 3 套油层,9 个油层组,41 个砂岩组,136 个小层,单层有效厚度从 0.2m 到十几米,空气渗透率从 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 到 $5000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,高渗透层与低渗透层、厚油层与薄油层交互分布。这些地质特点决定了大庆油田必须采用分层开采技术。