

技 - OBII/123-SDP-0018

石油勘探开发技术

SHIYOU KANTAN KAIFA JISHU



常子恒 ● 主编

上册

石油工业出版社

石油勘探开发技术

上册 勘探·开发

常子恒 主编

石油工业出版社

石油勘探开发技术

下册 石油工程技术

常子恒 主编

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石油勘探开发技术/常子恒主编.
北京:石油工业出版社,2001.11
ISBN 7-5021-3233-3

I. 石…

II. 常…

III. ①油气勘探-技术②油田开发-技术

IV. ①P618.13 ②TE 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 06146 号

石油工业出版社出版发行
(100011 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

*

787×1092 毫米 16 开本 84.75 印张 2102 千字 印 1—6000
2001 年 11 月北京第 1 版 2001 年 11 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3233-3/TE·2453
定价: 120.00 元

编委会名单

主审：牟书令

主编：常子恒

编委：（按姓氏笔划为序）

于文平 马永生 王光升 王新红

牛新明 刘学峰 李宝同 李林新

李联玮 何元生 何登发 沈秀通

姚 江 徐义卫 常子恒 曾庆坤

前 言

随着现代科学技术的迅猛发展和世界经济一体化的不断加快,市场竞争日趋激烈,企业对专业技术人员的素质要求越来越高。大力加强对专业技术人员的继续教育,尽快提高专业技术人员的整体素质,是当前中国石油化工集团公司职工培训工作的一项重要而紧迫的任务。

《中国石油化工集团公司关于加强专业技术人员继续教育的意见》明确了今后中国石油化工集团公司加强专业技术人员继续教育的任务和要求,强调对专业技术人员的继续教育,要结合中国石油化工集团公司的实际需要,对专业技术人员进行知识补充、增新、拓展和提高,完善知识结构,使其不断适应科技发展和企业改革的新形势,在提高专业技术能力的同时,提高综合素质和创新能力。

为了促进继续教育工作的有效开展,集团公司教材编审工作委员会有重点地开发了一系列教材,包括继续教育通用课教材、专业通用课教材、专题培训教材和新技术讲座教材。其中通用课教材和专业通用课教材的目的是用以帮助专业技术人员完善其知识结构。为此我们组织编写了《石油勘探开发技术》这本继续教育专业通用课教材,适用于中高级专业技术人员学习,也可作为初级专业技术人员晋升中级专业技术职务的培训教材。《石油勘探开发技术》和《企业经济基础知识》(通用课教材)及即将出版的《石油化工基础知识》(专业通用课教材)作为企业专业技术人员扩展知识面、完善知识结构、提高综合素质的教材读本,为各企业对专业技术人员实施通用知识及专业通用知识培训和考核提供参考。

本教材由常子恒主编。其中第一篇《石油地质与勘探》由马永生统编,第一章、第三章由马永生、何登发、雷振宇编写,第二章由马永生、何登发编写;第二篇《油藏工程》由常子恒、彭裕林、徐义卫组织编写,由杜修宜、韩定容审核,第一章由姚凤英编写,第二章由付春华、高纯福编写,第三章由雷克林编写,第四章由牟汉生编写,第五章由卢学成、余诚刚、吕希辉编写,第六章由付春华编写,第七章由宋明雁编写;第三篇《采油工艺》第一章由孙东平、刘常福、胡辰、黄伟、皇甫洁、王桂英、曹学梅编写,第二章由丁晓芳、唐高峰编写,第三章由徐祥义、唐功勋编写,第四章由汪芦山、孟祥和、李行船、杜宝坛编写,第五章由王世虎、吉树鹏、郭省学、代培文、谢志勤、盖平原、王霞、刘艳杰、王景瑞编写,第六章由骨锐一、吴建平、陈端宗、金千欢、王海波、张旭、韩德民、李文科、李贵恩编写,第七章由张福仁、吴海青、相同玉、王晓杰编写,全篇由周志齐、张毅、冯永泉、陈端宗校审;第四篇《地球

物理勘探》第一章由赵殿栋编写，第二章由宋玉龙编写，第三章由王新红编写，第四章由郭良川编写，第五章由刘成斋编写，第六章由王永刚编写，第七章由印兴耀编写，全篇由谷玉田、马国光统稿；第五篇《钻井工程》由牛新明、于文平、苗锡庆统稿、整理，第一章由于文平编写，第二章由都振川、魏文忠编写，第三章由苗锡庆编写，第四章由张桂林编写，第五章由刘日华编写，第六章由李家芬编写，第七章由许俊良编写，第八章由杨启桢编写，第九章由于文平、彭军生编写，第十章由于文平、苗锡庆编写，第十一章由于文平、邵长明编写；第六篇《地质录井方法》由胜利石油管理局地质录井公司张殿强、李联玮组织编写，具体编写人员是：绪论由王福海同志编写，第一章由冯广华同志编写，第二章由张学涛同志编写，第三章由刘其春、罗平同志编写，第四章由刘志勤、张立新、王志战、许琼同志编写，第五章由邓美寅同志编写，此外，王印、孙丕善、李玉华也参加了本篇的编写工作；第七篇《地球物理测井》由李宝同组织编写，由何元生校对、整理，第一章、第三章由冯爱国编写，第二章、第四章、第五章由范松之编写，全篇由巫正礼教授进行统稿、审核。

在本教材编写、审定过程中，编写和审定人员作了大量工作，在此向支持本教材编审工作的人员表示衷心感谢！本教材中难免存在错误和不足，欢迎广大读者批评指正。

中国石油化工集团公司教材编审工作委员会

序

排名世界 500 强企业第 58 位的中国石油化工集团公司，经历 3 年的重组改制，已经成功在境内外上市，真正成为一家集上下游、内外贸、产销一体化的综合性石油石化公司。为实现股份公司利润最大化，股东利益回报最大化，迎接我国加入 WTO 的挑战，中国石油化工集团公司在新世纪伊始，提出了不断提高员工素质和积极推进人力资源建设的发展战略，以改善现有人才结构，建设经营管理人才、专业技术人才和生产技能人才三支队伍。

由中国石油化工集团公司人教部和油田事业部组织油田企业生产科研一线的专家、大专院校的教授、学者开发编写的包括石油地质与勘探、油藏工程、采油工艺（上册），地球物理勘探、钻井工程、地质录井方法、地球物理测井（下册）的油田勘探开发、工程技术专业齐全的这套综合性技术教材《石油勘探开发技术》，作为中国石油化工集团公司继续教育专业通用课教材之一，旨在提高广大专业技术人员的技术素质，完善知识结构，培养高层次、复合型人才的需要。我认为该教材有这样几个特点：第一是先进性，能够紧跟国内外石油工业的发展水平和技术动态；第二是综合性，涉及油田勘探开发、工程技术作业的各个专业，对培养企业高级管理人员，跨学科、跨专业的复合型人才尤其需要；第三是普及性，不仅适合本专业技术人员的需要，也适合非本专业人员、经营管理人员以及其他有关管理人员的需要；第四是可操作性，作者都是来自生产科研一线，本书是他们几十年工作经验的积累，可读性强，非常适合于具有本科学历的技术人员学习和参考。应该说，这套教材在油田勘探开发理论、技术与生产科研实践结合上是成功的。

为增强广大技术人员的技术创新和技术创新能力，加快知识更新步伐，完善知识结构，希望各企业发挥好继续教育的主体作用，不拘一格，不限形式地抓好高层次、多学科、复合型、跨世纪人才的培养，以满足中国石油化工集团公司为建设世界级一体化能源化工公司的目标而对人才的需要。

主审



目 录

第一篇 石油地质与勘探

第一章 现代石油地质理论与方法	(3)
第一节 板块构造基本理论	(3)
一、板块构造学基本概念	(3)
二、板块构造学说的主要研究内容	(4)
三、中国板块构造的基本特征	(7)
四、板块构造在油气勘探中的应用	(8)
思考题	(9)
第二节 盆地分析	(9)
一、盆地分析的概念与发展历史	(10)
二、盆地分析的主要内容	(10)
三、典型盆地类型研究	(18)
思考题	(26)
第三节 层序地层学基本理论及其研究方法	(26)
一、层序地层学的基本概念	(27)
二、层序地层学的主要研究内容	(29)
三、层序地层学的主要研究技术与方法	(33)
四、层序地层学的发展趋势	(34)
思考题	(35)
第四节 储层沉积学理论	(35)
一、储层沉积学常用的基本概念	(36)
二、储层沉积学的主要研究内容	(36)
三、储层沉积学的相关分析测试技术	(41)
思考题	(42)
第五节 有机成烃理论	(43)
一、陆相有机质成烃理论	(43)
二、海相碳酸盐岩有机成烃理论	(45)
三、煤成烃理论	(50)
四、相关有机地化分析测试技术	(53)
思考题	(55)
第六节 天然气生成与聚集理论	(55)
一、天然气的地质理论	(55)
二、天然气生成与聚集理论	(56)
三、我国主要含气盆地天然气聚集规律	(59)

思考题	(61)
第七节 成藏动力学的基本概念与研究方法	(61)
一、成藏动力学的基本概念和进展	(61)
二、成藏动力学的主要研究内容	(62)
三、成藏动力学的研究方法手段	(64)
思考题	(67)
第八节 含油气系统理论	(67)
一、“含油气系统”的基本概念	(67)
二、中国含油气系统的研究趋势	(70)
思考题	(72)
第二章 油气勘探的程序与实用技术	(73)
第一节 油气勘探的程序与工作方法	(73)
一、油气勘探的步骤	(73)
二、不同勘探阶段的具体任务与工作步骤	(75)
第二节 盆地早期评价与盆地模拟技术	(76)
一、盆地早期评价的内容	(76)
二、盆地早期评价方法	(77)
三、盆地模拟技术	(78)
第三节 区带评价	(82)
一、区带的定义	(82)
二、区带的描述方法	(83)
三、区带资源量的计算方法	(85)
四、区带综合评价	(86)
第四节 圈闭评价	(86)
一、圈闭评价的定义	(86)
二、圈闭评价的主要内容	(87)
三、圈闭描述评价规范	(88)
第五节 油藏描述与油藏数值模拟	(90)
一、油藏描述的定义	(90)
二、油藏描述的基本技术	(91)
三、勘探阶段油藏描述或早期油藏描述	(92)
四、油藏数值模拟	(95)
第六节 油气勘探系统工程概述	(98)
一、地质方法	(98)
二、地球物理方法	(98)
三、地球化学勘探方法	(98)
四、钻井法	(98)
参考文献	(99)

第二篇 油藏工程

第一章 油藏描述	(109)
第一节 油藏描述概论	(109)
一、油藏描述的概念	(109)
二、油藏描述在油藏开发中的应用	(109)
三、油藏描述的新发展	(111)
四、油藏模型	(112)
第二节 构造模型	(113)
一、构造模型研究的内容	(113)
二、构造模型的建立方法	(113)
三、构造模型研究中的关键技术	(120)
第三节 沉积模型	(120)
一、沉积模型的研究内容	(120)
二、建立沉积模型的方法	(121)
三、沉积模型研究中的关键技术	(135)
第四节 储层地质模型	(136)
一、储层地质模型的研究内容	(136)
二、储层地质模型分类	(136)
三、储层地质模型的建模方法与技术	(139)
四、储层建模中的关键技术	(143)
第五节 流体模型	(145)
一、流体模型的研究内容	(145)
二、流体性质	(145)
三、含油饱和度的确定方法	(151)
四、原油性质的变化规律研究	(153)
五、剩余油分布规律	(155)
思考题	(158)
第二章 油藏工程方法	(160)
第一节 概论	(160)
一、常用油藏工程参数	(160)
二、油藏工程方法	(162)
三、油藏工程方法的发展方向	(165)
第二节 石油储量的计算方法	(165)
一、中国和国际通用的储量概念及分级	(165)
二、石油地质储量的计算方法	(167)
三、石油技术可采储量的计算方法	(180)
四、石油经济可采储量计算	(190)
第三节 油藏数值模拟	(194)

一、油藏数值模拟简介·····	(194)
二、建立数学模型·····	(200)
三、建立数值模型·····	(202)
四、油藏数值模拟应用研究·····	(205)
五、用 DESKTOP—VIP 软件作油藏数值模拟的过程·····	(212)
思考题·····	(216)
参考文献·····	(216)
第三章 油田开发方案编制·····	(217)
第一节 概论·····	(217)
一、油田开发方案的主要内容·····	(217)
二、制定和选择油田开发方案的原则·····	(218)
第二节 合理开采方式的选择·····	(219)
一、利用天然能量的开采方式·····	(219)
二、保持压力开采·····	(220)
三、热力开采方式·····	(223)
第三节 开发层系的划分·····	(224)
一、层间差异·····	(224)
二、开发层系划分原则·····	(224)
第四节 合适的井网部署·····	(224)
一、井网密度·····	(224)
二、油水井数的确定·····	(225)
思考题·····	(226)
第四章 油藏开发方案实施动态监测及调整·····	(227)
第一节 油藏开发方案实施·····	(227)
一、钻井、油藏地质、采油注水工艺的总体要求·····	(227)
二、新钻油、水井投产(注)·····	(228)
三、油藏开发方案实施中使用的新技术简介·····	(232)
第二节 油藏动态监测·····	(234)
一、监测系统的设计原则·····	(234)
二、常规动态监测的内容及要求·····	(235)
三、动态监测技术的发展方向·····	(236)
第三节 油藏动态分析与控制·····	(238)
一、动态分析基础资料、图件·····	(238)
二、动态分析常用方法·····	(242)
三、动态分析的内容、方式·····	(249)
第四节 油田开发调整·····	(253)
一、开发调整的主要内容及要求·····	(253)
二、开发层系、井网调整简介·····	(254)
思考题·····	(255)
参考文献·····	(256)

第五章 提高原油采收率技术	(257)
第一节 提高原油采收率的概论	(257)
一、提高原油采收率发展现状.....	(257)
二、应用水动力学原理, 注水提高原油采收率.....	(257)
三、提高原油采收率的机理.....	(260)
第二节 聚合物溶液驱油	(261)
一、聚合物及其水溶液性质及准备.....	(261)
二、聚合物溶液性能评价.....	(263)
三、聚合物溶液与岩石的相互作用.....	(266)
四、应用胶态分散体凝胶 (CDG) 技术提高原油采收率	(268)
第三节 化学复合驱技术	(274)
一、二元复合驱.....	(274)
二、碱/表面活性剂/聚合物三元复合驱.....	(275)
第四节 二氧化碳、氮混相、非混相驱	(275)
一、二氧化碳驱油.....	(275)
二、注氮提高原油采收率.....	(276)
三、同时注水和 N_2 的非混相驱油	(279)
四、水气交替驱油技术.....	(288)
第五节 热力采油	(292)
一、蒸汽驱油.....	(292)
二、稠油注蒸气加氮气吞吐.....	(293)
三、轻油储层注空气提高原油采收率.....	(293)
第六节 非牛顿原油油藏的开发特征和提高原油采收率方法	(297)
一、原油渗流流变特性测定的基本理论.....	(297)
二、拟塑性原油的渗流特征对水驱开发指标的影响.....	(305)
三、粘弹性原油的渗流特征对水驱开发指标的影响.....	(306)
四、提高非牛顿原油采收率的方法.....	(308)
思考题	(309)
参考文献	(309)
第六章 油藏评价方法	(311)
第一节 油藏评价概论	(311)
一、油田开发面临的挑战.....	(311)
二、油藏评价的目的和任务.....	(311)
三、油藏评价技术.....	(312)
第二节 油藏前期评价	(312)
一、碎屑岩储层评价.....	(312)
二、储层敏感性评价.....	(316)
三、油藏天然能量评价及油藏分类.....	(321)
四、储量技术经济评价.....	(324)
五、开发方案优化方法.....	(330)

第三节 油田开发后评估·····	(332)
一、油田开发后评估的重要性·····	(333)
二、油田开发方案实施效果评价·····	(333)
三、油田开发经济效果评估·····	(337)
思考题·····	(340)
参考文献·····	(340)
第七章 集成化油藏经营管理·····	(342)
第一节 集成化油藏经营管理的概念·····	(342)
一、油藏经营管理概念的演变与发展·····	(342)
二、集成化油藏经营管理的文化内涵·····	(342)
三、集成化油藏经营管理的基本原则·····	(343)
四、集成化油藏经营管理的要素和内容·····	(343)
五、如何成功组建多学科项目组·····	(345)
第二节 集成化油藏经营管理过程·····	(348)
一、制定目标或策略·····	(348)
二、编制规划·····	(350)
三、计划实施·····	(351)
四、实施过程的监测与评估·····	(351)
第三节 集成化油藏经营管理的实施·····	(352)
一、重新研究制定和实施老油藏开发策略·····	(352)
二、油藏开发特性表征是集成化油藏经营管理的基础·····	(352)
三、水平井应用新技术,拓展了集成化油藏经营管理的应用领域·····	(354)
四、地质建模、油藏数值模拟及 IOR、EOR 先进技术的集成是目前集成化油藏经营管理的主要技术支持·····	(355)
五、集成化、信息化与智能化是油藏经营管理的现代化手段·····	(356)
第四节 集成化油藏经营管理的应用——实例研究·····	(357)
一、尼日利亚北 Apoi 油田集成化油藏经营管理·····	(357)
二、埃及南埃尔摩根 Kareem 成熟油藏开发·····	(358)
三、美国 North Ward Estes 油田·····	(359)
思考题·····	(360)
参考文献·····	(360)

第三篇 采油工艺

第一章 人工举升技术·····	(365)
第一节 有杆泵采油技术·····	(365)
一、概述·····	(365)
二、有杆泵抽油系统组成及工作原理·····	(365)
三、抽油机·····	(365)
四、抽油杆柱系统·····	(373)

五、抽油泵·····	(374)
六、有杆泵抽油系统效率·····	(380)
七、有杆泵抽油系统设计·····	(383)
八、有杆泵生产系统优化设计及工况诊断·····	(398)
第二节 潜油电泵采油技术·····	(402)
一、电动潜油离心泵装置的组成·····	(402)
二、电动潜油离心泵井下机组的结构特点和工作原理·····	(402)
三、电动潜油离心泵装置的选择·····	(405)
四、电动潜油离心泵的使用范围·····	(412)
五、电动潜油离心泵的发展趋势·····	(414)
第三节 螺杆泵采油技术·····	(415)
一、工作原理·····	(415)
二、主要技术参数·····	(416)
三、螺杆泵抽油配套设计方法·····	(418)
四、螺杆泵施工注意事项·····	(418)
五、技术现状·····	(419)
六、发展趋势·····	(420)
七、存在的主要问题和差距·····	(420)
第四节 气举采油技术·····	(420)
一、气举采油的优点和局限性·····	(420)
二、气举采油方式·····	(421)
三、气举井井下装置·····	(422)
四、气举采油地面设备·····	(426)
五、流体压力梯度曲线的应用·····	(427)
六、气举装置设计·····	(427)
七、气举井生产分析和故障排除·····	(429)
八、国内外发展趋势及动态·····	(430)
第五节 水平井采油技术·····	(431)
一、水平井采油工艺技术筛选·····	(431)
二、井筒温度分布·····	(434)
三、极限下泵深度的确定·····	(434)
思考题·····	(435)
第二章 注水工艺技术·····	(436)
第一节 注水时机和注水方式的选择·····	(436)
一、注水时机的选择·····	(436)
二、油田注水方式的选择·····	(437)
三、大庆油田采用早期内部注水开发效果分析·····	(438)
第二节 水源与水质·····	(439)
一、水源类型及选择·····	(439)
二、水质标准·····	(439)

三、精细过滤技术·····	(439)
第三节 注水过程的油层保护技术·····	(441)
一、注水中油层损害因素分析·····	(441)
二、注水中的保护油层技术·····	(444)
第四节 增压注水工艺技术·····	(447)
一、增压泵增注技术·····	(447)
二、物理法解堵技术·····	(447)
第五节 分层注水技术·····	(448)
一、分层注水工具及管柱·····	(448)
二、分层配水技术·····	(452)
三、注水井分层测试技术·····	(453)
四、放射性同位素载体法测分层吸水剖面·····	(454)
第六节 不稳定注水优化设计·····	(455)
一、不稳定注水提高垂向波及效率的机理·····	(455)
二、周期注水的应用条件·····	(456)
思考题·····	(456)
第三章 堵水调剖工艺·····	(458)
第一节 概述·····	(458)
一、油井出水的原因与危害·····	(458)
二、堵水调剖的发展历程·····	(459)
三、堵水调剖技术现状·····	(459)
第二节 化学堵水调剖工艺技术·····	(460)
一、化学堵水调剖工艺技术·····	(460)
二、化学堵水调剖的配套技术·····	(464)
第三节 堵水调剖剂·····	(470)
一、冻胶类堵水调剖剂·····	(471)
二、颗粒类堵水调剖剂·····	(472)
三、沉淀类堵水调剖剂·····	(474)
四、其他类堵水调剖剂·····	(474)
第四节 堵水调剖工艺技术的发展方向·····	(475)
一、堵剂与地层适应性研究·····	(475)
二、砂岩油藏整体堵调三维网络模型模拟技术研究·····	(475)
三、中高渗透油藏高含水开发期整体调驱提高采收率技术研究·····	(476)
四、其他·····	(476)
思考题·····	(476)
第四章 低渗透油藏压裂酸化工艺技术·····	(477)
第一节 压裂增产及造缝机理·····	(477)
一、压裂增产原理·····	(477)
二、压裂造缝机理·····	(477)
第二节 支撑剂及导流能力·····	(480)

一、支撑剂类型的选择·····	(480)
二、支撑剂嵌入和裂缝宽度·····	(481)
三、裂缝超高导流能力的实现·····	(484)
第三节 压裂液及添加剂·····	(485)
一、压裂液破胶和残渣浓度·····	(486)
二、压裂液粘度和输送能力·····	(488)
三、延迟交联的作用·····	(488)
四、常用压裂液及添加剂介绍·····	(489)
第四节 压裂过程的压力分析及测试技术·····	(490)
一、闭合压力的确定方法·····	(490)
二、施工过程的压力分析·····	(492)
三、压降曲线分析的一般方法·····	(494)
四、缝高预测及测量·····	(495)
第五节 压裂设计·····	(496)
一、裂缝几何尺寸模型·····	(496)
二、压裂液的选择·····	(498)
三、支撑剂携带·····	(498)
四、经济分析·····	(499)
五、优化施工设计程序·····	(500)
第六节 压裂工艺技术·····	(500)
一、选井选层原则·····	(500)
二、重复压裂技术·····	(501)
三、限流法分层压裂·····	(503)
第七节 酸化压裂工艺·····	(505)
一、酸化工艺分类及其特点·····	(505)
二、酸液及添加剂·····	(505)
三、砂岩地层酸化工艺·····	(507)
四、碳酸盐岩地层酸化工艺·····	(509)
思考题·····	(511)
第五章 热力采油工艺技术·····	(512)
第一节 稠油油藏的特征及热采技术发展前景·····	(512)
一、稠油油藏的地质特征·····	(512)
二、稠油油藏的开发特征·····	(512)
三、油藏工程对采油工艺技术要求·····	(512)
四、稠油油藏的物性特征·····	(512)
五、稠油热采技术的发展前景·····	(513)
第二节 蒸汽吞吐技术·····	(513)
一、蒸汽吞吐采油原理·····	(513)
二、热采井完井技术·····	(516)
三、注汽井防砂技术·····	(519)