

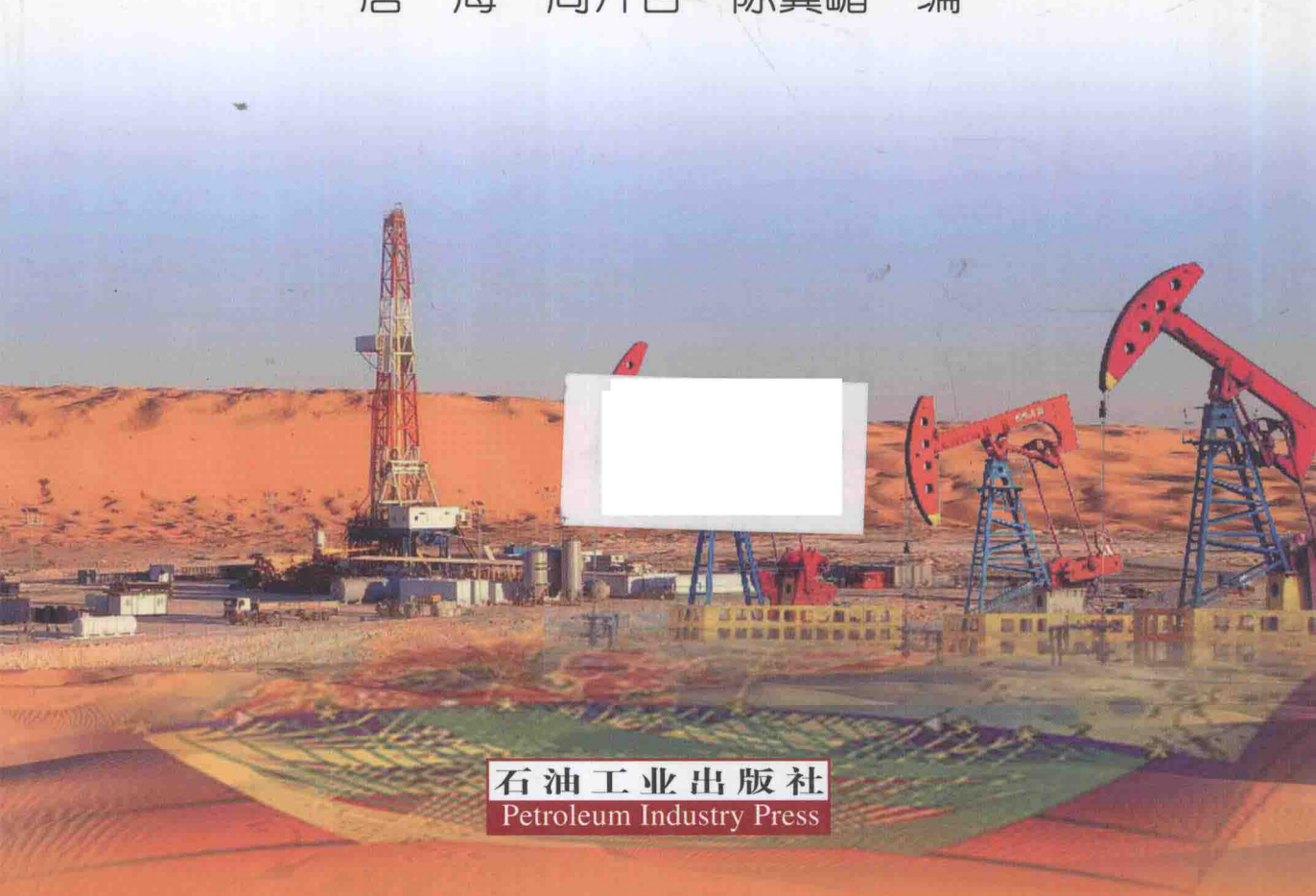


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

石油工程设计

油气藏工程设计

唐 海 周开吉 陈冀楣 编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

石油工程设计

油气藏工程设计

唐 海 周开吉 陈冀喆 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以现代实用的石油工程理论和工艺技术为基础,结合石油天然气行业标准,系统讲解了石油工程设计的基本原理、方法及设计计算步骤。

全书包括油气藏工程设计、钻井工程设计和采油工程设计三大部分。油气藏工程设计介绍了油气藏工程设计基本内容、油气藏设计基本方法、老油气藏开发动态分析与调整控制和油田开发方案经济评价与方案优选。钻井工程设计以现代实用的钻井理论和工艺技术为基础,系统讲述了钻井工程设计的基本原理、计算方法。采油工程设计介绍了采油工程方案设计概述、完井工程设计、注水工艺方案设计、采油方式优选、有杆抽油系统设计、气举采油设计、水力压裂设计和砂岩地层基质酸化设计等内容。

本书可以作为石油高等院校石油工程专业教学用书,也可供从事油气藏工程、钻井工程、采油工程、石油地质及提高采收率等工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程设计/唐海,周开吉,陈冀嵘编.

北京:石油工业出版社,2011.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5021-8516-9

I. ①石…

II. ①唐…②周…③陈…

III. 石油工程-设计-高等学校-教材

IV. TE

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 197540 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.com.cn

编辑部:(010) 64523579 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:44.75

字数:1100 千字

定价:75.00 元(全三册,每册 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

前 言

《石油工程设计》是根据石油工程专业教学计划和人才培养要求而编写的。本书以已被公认并在生产实践中成功应用的理论、方法和工艺技术为基础,系统全面地讲述了各项技术参数设计与设备选用的理论依据及应用方法。本书的目的在于培养已学完基础理论、专业课和完成专业生产实习的学生们利用已获得的知识去分析、解决工程实际问题的能力,即根据一个区域(区块)、一口井给定的有关地质、工程资料及技术要求,完成一个区域(区块)的开发(油气藏)工程方案编写与工程设计,一口井综合钻井工程设计,一口井一项或多项采油方案设计。教材章节结构按石油天然气开采工业顺序设计:《油气藏工程设计》、《钻井工程设计》和《采油工程设计》。

《油气藏工程设计》是在参考近年来相关课程的最新发展和国内外相关资料的基础上,根据石油天然气行业标准,以西南石油大学开发研究所曹文江副教授1993年主持编写的“油藏工程设计”讲义,及西南石油大学开发研究所李传亮教授在2003年主持重新编写的“油藏工程设计”讲义为蓝本,博采众长而完成的,力争体现“油气藏工程设计”内容的先进性、科学性、完整性。

《钻井工程设计》是在西南石油大学钻井工程专业1985—1990级学生试用教材的基础上,经多次修改、整理,并在1996年中国石油大学出版社出版的《钻井工程设计》的基础上,根据近年来钻井工程理论、方法、技术工艺和钻井机械设备、工具新的发展及石油天然气行业标准的更新,对原书部分章节内容进行修改、增添而成。原书由江汉石油学院(长江大学)石油工程系李自俊教授审阅,李老师花费极大的心血,对书稿进行了认真详细的审改;中国石油大学(华东)陈庭根教授在教材出版过程中提出了许多宝贵意见,编者对二位老师表示深深的敬意和感谢。

《采油工程设计》是在1998年以来西南石油大学采油研究所编写的“采油工程方案设计”指导书基础上,参考中国石油大学(华东)张琪教授和长江大学石油工程学院编写的《采油工程设计》等相关教材及石油天然气行业标准,依据采油工程方案所涉及的编写方法、内容及规范,经多次修改、整理完成。

本教材由西南石油大学石油工程学院开发、钻井、采油研究所部分教师共同编写完成。《油气藏工程设计》由唐海主编,第二章第一节黄全华、欧成华编写,第二章第二节吕栋梁编写,其余由唐海编写;《钻井工程设计》由周开吉主编,第一章、第十三章由郝俊芳编写,其余由周开吉编写;《采油工程设计》由陈冀喙主编。

教材中一些章节引用了有关参考文献中的部分内容、图表、例题等，编者在此向这些作者表示感谢。西南石油大学钻井工程专业 1985—1993 届、石油工程专业 1994~2006 届学生和钻井研究所的老师及兄弟院校的师生们在使用该教材的教学过程中，提出了不少有益的建议和改进意见；采油研究所的老们，特别是多年从事采油工程设计教学的李海涛、孙艾茵、蒋建勋、刘永辉、邓燕老师等，正是他们的帮助、支持和指导，促进了本书的逐步充实与完善，在此一并表示感谢。由于编者水平所限，书中不免有不当和错误，诚请使用该教材的师生和读者批评指正。

编者
2011 年 2 月

目 录

油气藏工程设计

第一章 油气藏工程设计概述	3
第一节 油气藏工程设计基本结构和相互关系	3
第二节 油气藏评价基本内容和要求	4
第三节 油气藏工程设计基本内容和要求	12
第二章 油气藏地质及储层特征评价基本方法	16
第一节 油气藏储层地质构造	16
第二节 开发测井及应用	32
第三节 储层沉积、成岩作用与沉积相	50
第四节 储层物性及非均质性	74
第五节 试井与地层测试分析	93
第六节 油藏地质模型	97
第七节 石油及天然气地质储量(静态)分析与评价	106
第三章 油气藏特征与工程设计基本方法	120
第一节 油气藏特征研究	120
第二节 油藏开发设计	159
第四章 油气藏开发动态分析与调整控制	183
第一节 开发历程及现状分析	183
第二节 开采特征分析	184
第三节 地质特征再研究及储量与可采储量核算	185
第四节 开发效果评价	186
第五节 剩余油分布研究及目前开发存在问题及潜力	190
第六节 开发调整方案设计	193
第五章 油田开发方案经济评价与方案优选	198
第一节 基本参数测算	198
第二节 财务评价的费用与效益	200
第三节 财务评价基本报表的编制	202
第四节 财务指标计算及财务分析	204
第五节 “某油田开发建设工程项目经济评价”实例	207
参考文献	210
附录 1 油藏工程设计基础资料	212
附录 2 油气藏工程设计报告要求	227

钻井工程设计

第一章 钻井工程设计概述	231
第一节 钻井工程设计的任务和内容	231
第二节 钻井工程设计的基本原则	232
第三节 钻井工程设计程序框图	233
第四节 钻井工程设计和审批程序	233
第二章 钻井工程常用术语和统计方法	235
第一节 钻井工程常用术语	235
第二节 钻井工程统计方法	238
第三章 钻井工程质量与计算方法	241
第一节 钻井井身质量与计算方法	241
第二节 取心质量与计算方法	242
第三节 完井质量标准与要求	243
第四章 井身结构设计	245
第一节 井身结构设计原理	245
第二节 井内波动压力分析	249
第三节 井身结构设计的基础参数	254
第四节 井身结构设计的方法及步骤	255
第五节 套管尺寸与井眼尺寸选择及配合	259
第六节 井身结构设计实例计算分析	260
第五章 固井工程设计	265
第一节 套管特性	265
第二节 套管强度设计	270
第三节 套管柱管串结构及套管扶正器	286
第四节 水泥及注水泥浆设计	288
第六章 钻柱设计	300
第一节 钻柱的规范及特性	300
第二节 钻柱组合设计	309
第三节 钻柱强度设计	311
第七章 钻机选择	318
第一节 选择钻机的主要技术依据	318
第二节 钻机选择	320
第八章 机械破碎参数设计	333
第一节 钻头类型	333
第二节 钻头选型	340
第三节 钻压、转速的优选	351
第九章 钻井液设计	361
第一节 钻井液设计原则	361
第二节 常用钻井液体系	361

第三节	钻井液性能设计	367
第四节	固相控制系统	372
第十章	水力参数设计	375
第一节	水力参数设计内容及基础数据	375
第二节	水力参数设计方法及计算步骤	376
第三节	金刚石钻头水力参数设计	382
第十一章	下部钻具组合设计	387
第一节	钟摆钻具组合设计	387
第二节	刚性满眼钻具组合设计	393
第十二章	欠平衡钻井设计	396
第一节	气体钻井设计内容及基础数据	396
第二节	气体钻井流体力学参数计算设计方法	397
第三节	气体钻井工程设计程序及工艺要求	405
第四节	低密度欠平衡钻井设计内容及基础数据	406
第五节	低密度欠平衡钻井流体力学参数计算设计方法	408
第六节	低密度欠平衡钻井工程设计程序及工艺要求	411
第十三章	油气井压力控制	414
第一节	井控对钻井工程设计的要求	414
第二节	井控装置	415
第十四章	钻前工程和环保工程	421
第一节	基础工程	421
第二节	钻井设备的安装校正	422
第三节	环保工程	423
第十五章	材料计划和钻井进度计划	424
参考文献		426
附录	一口井钻井工程设计示例	427

采油工程设计

第一章	采油工程方案设计概述	457
第一节	采油工程总体方案设计	457
第二节	采油工程方案编制应遵循的基本原则	459
第三节	采油工程方案设计基础与依据	461
第四节	采油工程方案设计的主要内容	464
第五节	采油过程中 HSE 管理体系概述	470
第二章	完井工程设计	477
第一节	完井工程设计概述	477
第二节	射孔完井设计方法及内容	484
第三节	射孔完井设计步骤及设计计算	488

第三章 注水工艺方案设计	509
第一节 注水工艺方案设计内容	509
第二节 注水工艺设计方法、步骤及计算	520
第四章 采油方式优选	535
第一节 采油方式优选概述	535
第二节 油藏(区块)油井产能预测及分析	538
第三节 自喷井生产动态预测	544
第四节 人工举升方式的选择及生产动态模拟	545
第五节 采油方式综合评价与决策分析	552
第五章 有杆抽油系统设计	555
第一节 有杆抽油系统概述	555
第二节 有杆抽油系统设计原则与内容	559
第三节 有杆抽油系统设计方法与步骤	561
第四节 有杆抽油系统设计计算	562
第五节 有杆抽油系统设计的 API RP 11L 方法	573
第六章 气举采油设计	584
第一节 气举采油概述	584
第二节 气举设计内容及方法	586
第三节 连续气举设计及计算	591
第四节 气举采油经济评价	598
第七章 水力压裂设计	601
第一节 水力压裂设计前的准备工作	601
第二节 压裂入井材料选择	604
第三节 水力压裂设计模型及计算	609
第四节 水力压裂施工参数设计计算	618
第五节 水力压裂设计方法及施工设计要求	623
第八章 砂岩地层基质酸化设计	631
第一节 砂岩酸化设计概述	631
第二节 酸化设计前的准备工作	633
第三节 酸液体系的选择	635
第四节 砂岩酸化设计模型及计算	641
第五节 酸化工艺选择及施工参数设计计算	648
第六节 基质酸化设计方法及施工设计要求	655
参考文献	660
附录 1 射孔工程设计书	662
附录 2 水力压裂施工设计书	668
附录 3 压裂设备技术参数	678
附录 4 砂岩基质酸化施工设计书	682



石油工程设计



油气藏工程设计

第一章 油气藏工程设计概述

第一节 油气藏工程设计基本结构和相互关系

油气藏是指在单一的圈闭中具有同一压力系统的油气聚集。通常，一个油气藏存在于一个独立的圈闭之中。当圈闭中只有石油聚集时，称为油藏；只有天然气聚集时，称为气藏。若石油和天然气聚集的数量可供工业开采，就叫工业性油气藏，反之，则叫非工业性油气藏。

一个构造或地区在发现和证实了具有工业油气流之后，即进入了油气藏开发评价与开发方案设计阶段。油气藏开发方案设计包括油气藏工程设计、采油工程设计、钻井工程设计、地面集输工程设计和生产管理及劳动组织几部分。按照 SY/T 10011—2006《油田总体开发方案编制指南》，油气田开发条例、规程，结合我国油气藏的开发实践，图 1-1-1 给出了油气藏开发方案编制内容及步骤。

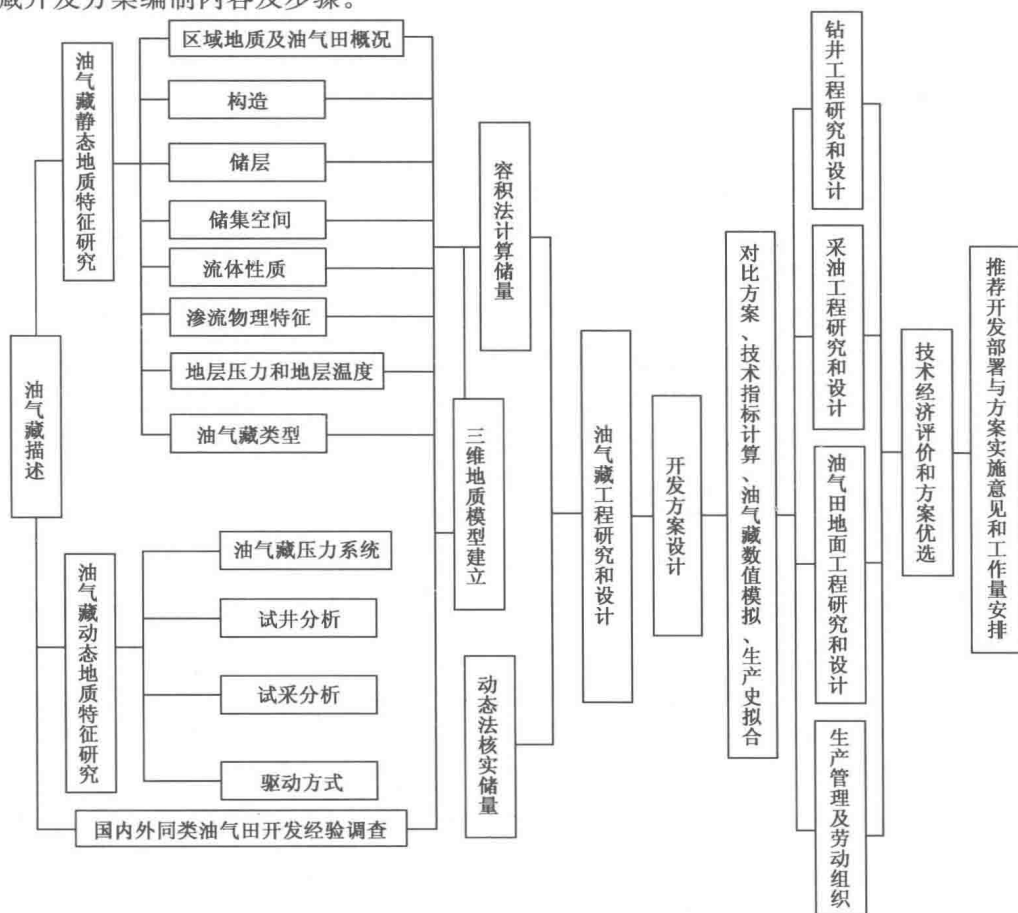


图 1-1-1 油气藏开发方案编制内容及步骤

在图 1-1-1 中:

(1) 容积法计算储量之前的内容属于油气藏评价范畴,是油气藏能否有效开发的物质基础。

(2) 油气藏工程研究和设计到油气藏数值模拟属于油气藏工程设计范畴,而钻井工程研究和设计、采油工程研究和设计、油气田地面工程研究和设计以及生产管理及劳动组织是构成一个完整的“油气藏开发设计编制”不可分割的有机组成部分。这几部分是确保油气藏有效开发的技术手段,是在油气藏评价基础上,设计出符合油气藏客观地质情况的开发方案。

(3) 技术经济评价和方案优选是对油气藏可能采取的多个开发方案进行经济技术优化,选择出获得最大油气产量和经济效益的最佳开发方案,是实现油气藏高效开发必不可少的评判依据。

(4) 开发部署与方案实施意见是对优选出的开发方案,提出逐步实施的部署意见,避免因对油气藏认识不准引起的重大损失。

综上所述,油气藏工程设计包括图 1-1-1 中的油气藏评价、油气藏工程设计、技术经济评价和方案优选、开发部署与方案实施意见四个部分。

第二节 油气藏评价基本内容和要求

油气藏是由油气藏流体、岩石和周围环境构成的一个地质体。它是一个深埋地下、无法直接观察的复杂体系。对油气藏进行描述和评价,就是应用各种间接的手段和方法,从不同的角度和侧面,综合已有的各种资料,搞清油气藏的地质特征,查明油气藏的储量规模,形成油气藏的概念模型,分析油气藏(井)的产能,进而达到把握其整体的目的,并进行初步的开发可行性研究,为开发方案的编制提供依据。

所谓油气藏评价,就是根据地质、地震、录井、测井、测试、取心、岩心分析、流体化验和试采等多方面的资料,对油气藏进行全面的研究、描述和评价。

油气藏评价内容包括:区域地质及油气田概况、油气藏构造特征、油气藏储层特征、油气藏储集空间与孔渗物性、油气藏储层渗流物理特征、油气藏流体性质与流体分布规律、油气藏地层压力和地层温度以及油气藏压力系统、油气藏类型、试井分析、试油试采分析和容积法计算储量。

一、区域地质及油气田概况

1. 地理

(1) 地理位置:所属省、市(自治区),地理环境,地貌类型,平均海拔高度。

(2) 交通:当地铁路、公路、水路、航空等情况,到油气田的距离。

(3) 气候:年温度、季节特点、风力及降水量。

(4) 水源:主要河流、湖泊类型,水利设施,蓄水排灌,地下水资源(区域水文地质地理图)。

(5) 所在地的岩石类型,主要断裂带及地震基本裂度和不良的工程地质情况,流砂、滑坡和泥石流等。

(6) 对控制污染、保护生态的要求。

(7) 与油气田开发有关的人文社会和经济状况。

- ①所在地人文社会、资源及工农业生产发展状况。
- ②当地公用设施、土地、劳动力、建筑材料和生活供应。
- ③依托的生活福利、教育及公用事业。
- ④当地供电网络及供电能力。
- ⑤地方通信网和油网机构组织及设施、容量、规划和运行状况。

2. 区域地质构造

- (1) 所处的沉积盆地、大地构造单元、圈闭形成时期（区域地质构造图）。
- (2) 地层层序（地层表）。
- (3) 含油气层系，生储盖组合（综合柱状剖面图）。
- (4) 沉积类型。

3. 勘探成果和开发准备程度

- (1) 发现井、发现方式、层位、井深、产能。
- (2) 地震方法，工作量，测线密度及成果（地震测线布置图及标准剖面图）。
- (3) 探井、资料井（评价井）密度，取心及地层测试情况，取心及岩心分析工作量（勘探成果表、图）。
- (4) 已钻井所采用的测井系列、测井内容、解释结果。
- (5) 试油气及试水、试井成果（表、图）。
- (6) 试采情况（试采曲线）或试井成果图表。

工程设计要求：要按照设计内容要求，用文字和必要的图表形式，把油气藏涉及的地理位置、交通通信、气候、当地的社会经济状况、水利、能源等基本情况以及油气藏涉及的区域地质、构造发育史、沉积环境、地层发育情况、勘探成果和开发准备程度等交代清楚。

必要的区域概况描述图表包括：地理位置图、区域构造位置图、油田钻遇地层情况与地层间接触关系、目的层埋深、地层柱状图、区域地层层序图等。

必要的前期研究成果及基础资料录取情况图表包括：前期研究项目的名称、时间、主要研究内容、主要成果认识，基础资料录取方案设计、实施工作量统计表。

必要的勘探开发简况图表包括：油田发现时间与投入开发时间，地震工作量及处理情况，探井数及其试油情况；研究含油层系上报的探明储量、含油面积及地质储量综合图；目前开发层系、开发井数（油井和水井），开采状况等；试油试采统计表、岩心、测井、录井、分析化验等资料状况统计表。

二、油气藏构造特征

- (1) 构造形态，圈闭类型、面积，构造圈闭的闭合高度。
- (2) 油气藏在圈闭中的位置（油气藏构造平面图、纵横剖面图）。
- (3) 断层分布数量、类型、走向、断距及封闭性（断层数据表）。
- (4) 裂缝分布。

工程设计要求：要按照设计内容要求，在对地震处理资料、各井的测井解释成果资料充分理解消化的基础上，开展地层岩性、地层层序划分、地层对比、地层沉积相等研究工作，认清有效储层、隔夹层等分布规律。并利用必要的图表对油气藏整体构造形态、油气藏的断裂系统、油气藏储层的微构造特征、地层分布规律进行详细描述。

对油气藏整体构造形态：阐述油层组或砂层组顶面构造类型、构造方向、地层倾角、构

造高点等。附上必要的构造要素表、各砂层组顶面、主力砂体顶底面构造图。

对油气藏的断裂系统：阐述构造样式、断层发育特征、空间组合特征、断层平面组合方式、断层要素、断层封堵性等。附上必要的断层要素表。

对油气藏储层的微构造特征（主要针对“老油田开发调整方案”的编制）：（1）通过对微构造储存剩余油的有效性和在有利微构造上部署加密井的可行性研究，确定合理的微构造尺度。（2）分析各主力油砂体顶底面微构造发育类型、微构造数量、分布特征。（3）依据构造解释成果及小层对比划分成果，以测井资料为主编制含油砂体微构造图，主要包括正向地形、负向地形、斜面地形三类。

对地层分布规律：要根据对比划分成果及地震、钻井资料，分析地层的分布规律，重点阐述地层的剥蚀、断缺情况。给出地层（砂层组）等厚图。

三、油气藏储层特征

（1）层组划分（层组、层序对比表）及划分依据。

（2）岩性、岩石名称、矿物组成、胶结物类型、胶结程度。

（3）岩石结构：粒度、磨圆度、分选、层理等（粒度表、曲线、照片）。

（4）厚度及产状（总厚度、单层厚度）、层段、层状（薄层、厚层、块状，储层厚度与有效厚度表）。

（5）分布：连续性、稳定性（储层厚度等值图、有效厚度等值图、水域厚度等值图）。

（6）沉积相分析（沉积相分析图）、单井及平面划相依据。

（7）粘土含量和粘土矿物组分。

（8）成岩后生作用。

（9）砂体分布（砂体平面分布图）。

（10）隔层、夹层（岩性、厚度、稳定性、渗透性及膨胀性、隔层与夹层数据表）。

工程设计要求：要按照设计内容要求，利用大量的岩心分析化验资料，各井的测井解释成果资料，以及地层划分与对比研究结果，采用必要的图表形式对油气藏储层的岩石学特征、沉积相特征、储层分布特征、隔夹层分布特征等进行详细描述。

对油气藏储层的岩石学特征描述：包括储层岩石类型，矿物成分，胶结物及含量，胶结类型、成分和结构成熟度。附上必要的分析化验的图像，岩性三角图，矿物成分、泥质含量统计表，储层岩石颗粒组成分布图，岩石颗粒分布特征参数分析结果表等。

对油气藏储层成岩作用研究描述：在对沉积相和微相研究基础上，利用取心井的各种分析测试资料，结合岩石学特征、储层微观孔隙结构分析，对储层进行成岩作用类型及其对储集物性的影响、成岩阶段划分等研究，并对储层进行有效性评价研究。

对油气藏储层的沉积相特征描述：在阐述区域沉积背景的基础上，结合岩心的岩相分析资料，在测井曲线上确定沉积相标志（沉积亚相、微相划分标志）。在此基础上，开展单井相划分，并根据地层对比成果结合沉积规律进行剖面相、平面相研究。

在相分析过程中，采用由点、线至面，由一维至二维开展沉积相分析，最基础的研究工作是单井相分析，它综合应用了岩性、岩相、古生物、沉积地球化学特征以及电性特征等划分相、亚相和微相。在此基础上，结合地层对比成果，进行井间逐层剖面相分析，同时根据沃尔索相律原理，对各断块、各小层的沉积相平面分布进行研究。（1）沉积微相类型研究：在对取心井进行岩心观察的基础上，通过对分析化验、粒度分析等资料进行研究，对工区逐

级划相（到沉积微相），并分析各微相的岩性特征、测井曲线特征。附上必要的岩心照片、概率累积曲线、C—M图、各微相特征统计表、与工区有关的相模式图。（2）沉积微相展布规律研究：①沉积微相在垂向上的递变规律，要综合岩性、电性等方面的特征，对取心井沉积微相在垂向上的变化规律进行分析总结。附上关键井必要的单井相综合分析图。②沉积微相的平面分布研究，在单井相分析和剖面相分析的基础上，依据沃尔索相律原理，开展沉积微相平面展布研究。附上各主力砂体沉积微相平面展布图。

对油气藏储层分布描述：充分利用密井网条件下的井资料与沉积相研究成果（必要时结合地震储层预测技术，如测井约束反演、地震多属性分析等，开展“相控储层预测研究”，对单砂体的空间发育和展布情况进行研究），描述砂体形态、大小、连续性、稳定性、平面分布、纵向分布状况。附上各主力砂体等厚图。

四、油气藏储集空间与孔渗物性

- （1）空间类型：孔隙型、溶洞型、裂缝型或混合型等。
- （2）孔缝洞分布及成因类型（原生或次生）。
- （3）孔隙连续性 & 裂缝发育情况。
- （4）孔隙结构：孔隙半径、孔喉比、毛管压力曲线（曲线图表）。
- （5）总孔隙度、有效孔隙度等（孔隙度等值图）。
- （6）空气渗透率、有效渗透率、垂直与水平渗透率（渗透率等值图）。
- （7）孔隙连续情况及非均质性。
- （8）储层分类与分类标准、分类成果（汇总表）。

工程设计要求：要按照设计内容要求，应用取心井的压汞、铸体薄片分析、粘土矿物 X 衍射分析、图像分选数据、孔渗物性测试数据，有时还要利用储层物性的测井资料解释数据等分析化验资料，并参考沉积特征及非均质特征研究成果，采用必要的图表形式对油气藏储层的孔隙类型、孔渗物性、非均质性、微观孔隙结构进行详细描述。

对油气藏储层孔隙类型描述：利用岩心铸体薄片分析资料、粘土矿物 X 衍射分析资料、测井资料解释获得的裂缝特征资料等，描述储层孔隙类型、不同孔隙类型尺寸、粘土矿物总含量和粘土矿物分类含量及其对各种孔隙尺寸的影响等，给出相应的分析图表。如果属于多重介质，还应分析各种孔隙度大小和各种渗透率大小。

对油气藏储层孔渗物性描述：利用大量的岩心孔渗物性分析化验资料、流体饱和度分析化验资料、各井分层物性的测井解释数据等，描述储层（尤其是有效储层）的孔渗物性和流体饱和度分布范围、孔渗物性和流体饱和度在平面和纵向上的分布特点及孔渗物性的连续性等。给出相应的分析图表。

对油气藏储层非均质性描述：非均质性描述包括层间非均质性、平面非均质性、层内非均质性。（1）层间非均质，通过分层系数、隔层分布、层间渗透率差异（变异系数、突进系数和级差）反映储层层间非均质性。附参数统计表、隔层分布图、纵向各砂体渗透率柱状图等。（2）平面非均质，分析砂岩钻遇率、砂体平面连通性、泥质含量、粒度中值、孔隙度、渗透率在平面的变化等来反映储层平面非均质性。附泥质含量、粒度中值、孔隙度、渗透率等值图。（3）层内非均质，分析层内夹层分布、层内纵向渗透率差异（变异系数、突进系数和级差）来反映储层层内非均质性。附参数统计表、夹层等厚图。

对油气藏储层微观孔隙结构描述：利用取心井的压汞资料、铸体薄片分析资料，描述储

层微观孔隙结构，附上压汞曲线、渗透率累积贡献曲线、孔隙结构参数（平均孔喉半径、孔喉最大半径、排驱压力、最大汞饱和度、最大非流动孔喉半径、变异系数）统计表等。

对油气藏储层地应力及裂缝的分布规律（针对低渗透油藏）描述：（1）天然裂缝的分布规律研究。通过岩心观察和电镜分析、铸体薄片分析等手段，定量确定井不同层位储层裂缝的发育程度，包括裂缝密度、裂缝开度、裂缝倾角及裂缝方位等，并对全区裂缝发育状况进行描述。有条件的以露头、岩心裂缝观测、动态观测资料等为依据，主要利用构造应力场模拟法等裂缝网络的数学模拟研究技术来预测研究区裂缝发育部位、发育程度和延伸方向等。（2）现今地应力及压裂裂缝分布规律研究。通过井壁崩落法等方法进行单井地应力计算，主要确定现今最大主应力方向。有条件的在单井地应力计算的基础上进行地应力场模拟，对现今地应力分布规律进行描述。结合现今地应力分布规律，根据压裂井施工曲线和压裂效果、示踪剂井间监测、油水井生产动态等资料，研究压裂裂缝的发育情况及其延伸方向。

在上述各项油气藏储集空间与孔渗物性研究的基础上，对储层进行分类评价。

五、油气藏储层渗流物理特征

（1）储层岩石表面润湿性与储层岩石的敏感性。

（2）油气、油水、气水相对渗透率（分层组的相对渗透率图）。

工程设计要求：要按照设计内容要求，应用大量的岩心润湿性、敏感性、相对渗透率分析资料以及岩心驱替资料，对油气藏储层渗流物理特征、驱油效率与驱油特征进行详细描述。附上各种分析图表。

对油气藏储层岩心的润湿性：依据储层润湿性实验，对储层的润湿性进行分析和评价，附润湿性实验结果表。

对油气藏储层岩心的敏感性：依据储层敏感性实验，对储层进行水敏性、酸敏性、碱敏性、速敏性、盐敏性和体积敏感性进行分析和评价。附敏感性实验曲线。

对油气藏储层的多相渗流特征：依据储层岩心的气水、油气、油水相对渗透率（分层组的相对渗透率图）实验，对储层的多相渗流特征、驱油效率与驱油特征进行分析和评价。分层组附上对应的相对渗透率曲线图表。并用平均相对渗透率曲线图表，评价储层驱油效率与驱油特征，求取无因次产油、产液指数与含水率的关系，评价油藏提液稳产潜力和油藏稳产极限含水率等。

六、油气藏流体性质与流体分布规律

（1）油气水的化学组成、物理化学性质。

（2）油气水关系（包括边、底水，夹层水，气顶气，夹层气，纯气层气等）。

（3）含油、气、水饱和度（饱和度等值图）。

（4）油气、油水或气水界面深度及产状（油气水关系剖面对比图，油气、油水、气水过渡带的产状及厚度）。

（5）原油高压物性（原始气油比、溶解系数、饱和压力、压缩系数、体积系数、油层条件下原油密度和粘度、气水比等物性表及曲线），以及类似的地层水高压物性和天然气高压物性。

（6）若为凝析气田，则分析凝析油密度、相对分子质量、族组成、馏分、气井产物组