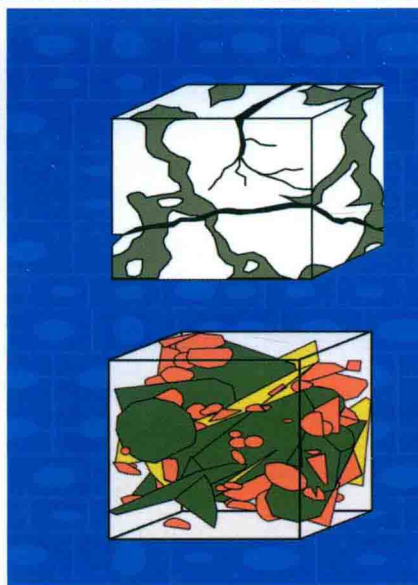
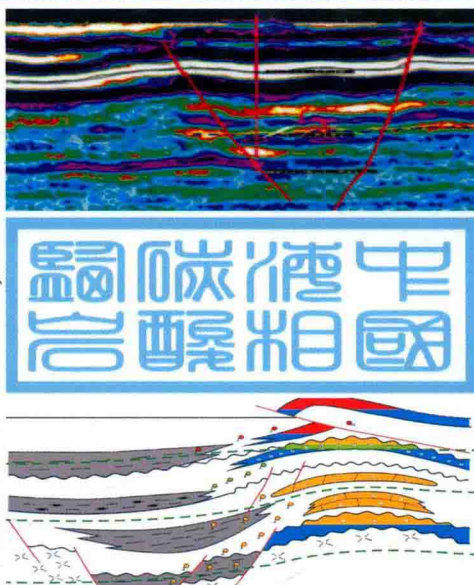
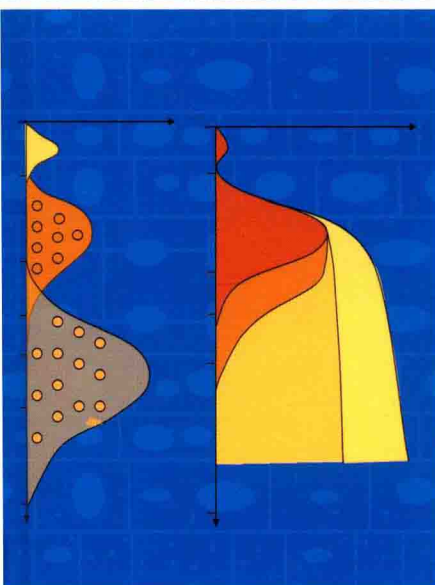




中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与技术丛书
ZHONGGUO HAIXIANG TANSUANYANYAN YOUQI KANTAN KAIFA LILUN YU JISHU CONGSHU

中国海相碳酸盐岩 油气勘探开发理论与关键技术概论

赵文智 胡素云 等著



石油工业出版社

中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与技术丛书

中国海相碳酸盐岩 油气勘探开发理论与关键技术概论

赵文智 胡素云 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书全面总结了近年来中国石油在碳酸盐岩领域基础地质研究与核心技术研发方面取得的研究成果。包括中国海相碳酸盐岩大油气田的形成与资源分布、海相碳酸盐岩大油气田有效开发的基础理论与关键技术以及海相碳酸盐岩油气勘探开发工程配套技术等方面内容。

本书可供从事油气勘探开发工作的科研人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与关键技术概论/赵文智等著.
北京:石油工业出版社,2016.7

(中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与技术丛书)

ISBN 978-7-5183-0574-2

I. 中…

II. 赵…

III. ①海相-碳酸盐岩油气藏-油气勘探-研究-中国

②海相-碳酸盐岩油气藏-油气

IV. ①P618.130.8 ②TE344

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 124103 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

编辑部:(010)64523543 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 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:25.75

字数:659 千字

定价:180.00 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

《中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与技术丛书》

编 委 会

主 任：赵文智

副 主 任：胡素云 张 研 贾爱林

委 员：（以姓氏笔画为序）

弓 麟 王永辉 包洪平 冯许魁

朱怡翔 李 宁 李保柱 张光亚

汪泽成 沈安江 赵宗举 洪海涛

葛云华 潘文庆

《中国海相碳酸盐岩油气勘探开发理论与关键技术概论》

编写人员

赵文智	胡素云	汪泽成	王兆云	沈安江
赵宗举	潘文庆	洪海涛	包洪平	贾爱林
弓 麟	朱怡翔	李保柱	李 宁	张 研
冯许魁	葛云华	王永辉	刘 伟	王铜山
赵 春	汪海阁			

前 言

海相碳酸盐岩在世界油气生产中占据极为重要的地位。中国发育的海相碳酸盐岩多处于盆地底层,具有时代老、演化历史长、埋藏深的特点,长期以来我国的油气勘探开发多以埋藏相对较浅的上构造层陆相碎屑岩为主。进入“十一五”以来,随着地质认识的不断深化、勘探技术的进步,海相碳酸盐岩勘探先后在四川盆地的龙岗和高石梯—磨溪地区、塔里木盆地的塔北隆起南缘和塔中北坡以及鄂尔多斯盆地靖边气田的西侧,相继发现了一批储量规模超亿吨油当量的富油气区块,碳酸盐岩勘探已进入油气大发现期,增储上产地位越来越重要。

为加快海相碳酸盐岩油气勘探开发进程,夯实国内油气资源基础地位,2008 年国家“大型油气田及煤层气开发”重大科技专项设立了“四川、塔里木等盆地及邻区海相碳酸盐岩大油气田形成条件、关键技术及目标评价”项目。与此同时,中国石油天然气集团公司启动了公司重大科技专项“海相碳酸盐岩大油气田勘探开发关键技术”项目,由中国石油勘探开发研究院牵头,组织西南油气田分公司、塔里木油田分公司、长庆油田分公司三家油田企业,联合中国石油大学(北京)、长江大学、西南石油大学、中国地质大学(北京)、中国地质大学(武汉)、东北石油大学、北京大学、清华大学等高校,共同组建“产—学—研”一体化攻关团队联合研究。

项目研究重点确定为四个方面科学问题和五个方面核心技术难题。科学问题包括:(1)海相小克拉通盆地岩相古地理与原型盆地恢复;(2)古老海相烃源岩层系成烃机理与成藏潜力;(3)碳酸盐岩规模有效储层成因机理与分布预测;(4)海相碳酸盐岩大油气田形成条件与分布规律。核心技术包括:(1)提高深部地震资料信噪比、分辨率和不同类型碳酸盐岩储集体地震预测技术;(2)碳酸盐岩油气层流体评价与大位移和水平井测井处理解释技术;(3)复杂碳酸盐岩油气藏高效开发配套技术;(4)复杂碳酸盐岩层系安全快速钻井技术;(5)复杂碳酸盐岩油气藏有效改造与测试配套技术。

项目自启动以来,以四川、塔里木和鄂尔多斯三大盆地为重点,兼顾南方、青藏、华北等新区,开展了大量文献调研、野外地质调查、岩心与薄片观察、物理模拟实验、样品测试、油气藏解剖、地震资料处理、测井资料处理、基础图件编制、现场工程技术实验等基础工作,圆满地完成了项目预定的研究任务。

项目研究本着创新地质认识、发展评价技术、推动海相碳酸盐岩领域不断发展的工作原则,紧密结合勘探生产实践,初步创建了碳酸盐岩油气勘探、开发两大理论体系,发展完善了八项关键评价技术,创新发展了四大工程配套技术。形成的理论与技术成果在塔里木、四川、鄂尔多斯三大盆地海相碳酸盐岩规模应用,取得了显著的应用效果。

一、创建古老海相碳酸盐岩油气勘探、开发理论体系

(一)提出了古老碳酸盐岩油气藏形成与分布理论认识

(1)烃源岩晚期生烃与成藏机理研究揭示,古老海相碳酸盐岩富油更富气,资源潜力可能超出预期。认识内涵包括:① 泥质烃源岩是海相碳酸盐岩大油气田的主要贡献者;② 古老海相烃源岩经历了“双峰式”历史,具有早期生油为主、晚期生气为主的特点,成藏规模大,富油更富气;③ 古老克拉通递进埋藏与“退火”受热相耦合,生烃与成藏作用时间可以跨多个构造期,液态窗可以长期保持;④ 碳酸盐岩内滞留的烃源岩不仅数量大,而且高过成熟阶段可以规

模生气,是古老海相层系天然气资源的重要贡献者。

(2) 储层成因机理研究与实验分析揭示, 深层碳酸盐岩具备发育大型规模储层的基础与条件, 可以形成大油气田。认识内涵包括: ① 我国海相碳酸盐岩发育沉积—成岩型、层间—层内溶滤型、埋藏—热液改造型三类规模较大的储层; ② 岩溶作用机理研究揭示, 顺层和层间两类岩溶作用可使古隆起斜坡区及斜坡低部位形成似层状、大面积分布的有效储层; ③ 白云石化作用机理揭示, 埋藏与热液两类白云石化作用是深部储层规模发育的重要条件, 碳酸盐岩储层分布不受埋深限制, 深层碳酸盐岩可规模发育有效储层。

(3) 油气成藏与解剖研究表明, 我国古老海相碳酸盐岩大油气田以岩性—地层油气藏为主, 呈集群式分布, 储量丰度不高, 但储量规模较大。认识内涵包括: ① 有利相带、岩溶作用、热液改造、晚期生烃与面状运移、斜坡背景与强非均质储层是碳酸盐岩油气田大型化发育的基础; ② 碳酸盐岩具有似层状大面积成藏特点, 沿台缘带、古隆起及隆起斜坡带大面积分布; ③ 碳酸盐岩油气藏群具大型化分布的特点, 呈古隆起及斜坡带油气藏群楼房式分布、古隆起斜坡带缝洞型油气藏似层状分布、古地貌油气藏群沿侵蚀基准面大面积分布、沿台缘带礁滩岩性油气藏群带状分布和沿深大断裂带油气网栅状分布的五种分布模式。

(二) 提出了复杂碳酸盐岩油气藏开发地质理论认识

复杂碳酸盐岩油气藏开发地质理论认识内涵包括: (1) 以储层非均质性描述为核心, 进行复杂碳酸盐岩油气藏储层非均质性描述, 确定不同类型储集体的空间分布; (2) 以开发储集体划分为单元, 根据沉积特征和生产实际, 确定储集体开发单元; (3) 以多孔介质模拟为手段, 建立多孔介质数学模型, 揭示复杂碳酸盐岩渗流特征; (4) 以高效布井为目标, 立足储层描述与储层发育带预测成果, 进行高效井部署。

二、集成创新八项关键评价技术

(一) 古老碳酸盐岩油气资源评价技术

技术内涵包括: (1) 基于古老烃源岩“双峰式”生烃观、有机质“接力成气”观, 建立了烃源岩“双峰式”生烃和烃源岩内残留分散有机质“接力成气”评价模型, 成因法有了新的发展; (2) 基于油气藏解剖, 创建了有效储层面积丰度、体积丰度类比法两种定量类比评价方法, 构建了碳酸盐岩非均质储层类比评价参数体系与参数取值标准。

(二) 古老碳酸盐岩岩相古地理重建技术

技术内涵归纳为“六步、四定、一工业化”。“六步”: 即原型盆地恢复、等时地层格架建立、沉积地质学分析、地震沉积学分析、单因素图件编制和岩相古地理工业制图等。“四定”: (1) “定类型”, 通过原型盆地恢复, 确定沉积背景; (2) “定界面”, 结合露头、钻井以及地震资料, 确定沉积层序界面; (3) “定模式”, 依据露头沉积模式、测井响应模式以及地震响应模式, 客观建立沉积模式; (4) “定属性”, 综合各种研究结果, 综合确定沉积体属性, 研究不同相带时空分布, 确定有利储集相带和烃源岩分布范围。所谓“一工业化”, 即利用形成的技术进行工业化编图。

(三) 碳酸盐岩有效储层评价预测技术

技术内涵包括: (1) 储层地质建模, 结合露头资料、井筒资料, 建立有效储层空间展布地质模型; (2) 储层正演模拟, 以储层建模为基础, 分析储集体测井响应模式, 建立不同储层地震响应模式关系; (3) 储层地震反演, 利用反向加权非线性反演方法, 确定地震可识别的储集体空间结构和分布规律; (4) 储层评价与分布预测, 综合地质、测井和地震预测成果, 开展储层厚

度、储层物性以及储集能力预测与评价。

(四) 以成因单元分析为核心的储层精细刻画与布井技术

该技术从储层成因机理出发,细化储层成因期次,按照地质—测井—地震一体化思路,精细刻画不同时期储层形态特征,准确预测有效储层空间分布。

(五) 以试井生产分析为核心的油气藏综合动态评价技术

技术内涵包括:(1)复杂油气藏流体识别与评价技术;(2)气井分类评价技术;(3)气层空间分布建模技术;(4)试井、生产分析及物质平衡相结合的动态综合评价技术;(5)礁滩气藏产能评价技术等。

(六) 以储量评价及有效动用为核心的油气田稳产技术

技术内涵包括:(1)利用储量分类评价技术,客观评价剩余储量品质,刻画剩余资源空间分布;(2)增压开采技术,保证剩余储量有效动用,解决气田老井低压和产水上升难题;(3)水平井开发技术,为有效开发薄储层提供方法技术,解决气田难动用储量的有效动用问题。

(七) 以孔缝洞多尺度介质、多流态数值模拟为核心的数值模拟技术

技术内涵包括:(1)根据多重介质流动理论,建立碳酸盐岩复杂介质流动模型;(2)基于复杂介质流动模型,建立多尺度介质多流态的数学模型及求解方法;(3)研制了孔缝洞多尺度介质、多流态数值模拟软件系统,为碳酸盐岩油气田有效开发提供了技术支持。

(八) 以高温高压酸性气井安全采气为核心的采气工艺技术

技术内涵包括:(1)低成本有效防腐方案;(2)孔隙—缝洞型储层井壁稳定性评价技术;(3)设计应用了高温高压型气井完井油管柱,为气田安全有效开发提供了重要的技术基础。

三、创新发展四项工程配套技术

(一) 碳酸盐岩三类储层地震预测配套技术

(1)以缝洞体量化雕刻为核心的岩溶储层预测配套技术。包括深层弱反射增强处理、叠前深度偏移处理、缝洞型储层岩石物理分析、缝洞型储层正演分析、多属性分析、叠前/叠后地震反演、缝洞体三维立体定量雕刻、缝洞型储层预测等技术,该项技术在塔里木盆地规模应用,缝洞储层钻遇率达95%以上,成为岩溶缝洞目标预测评价的核心技术。

(2)以气藏检测为核心的礁滩预测配套技术。① 礁滩储层地震预测技术,包括岩石物理分析、正演模型分析、地震响应特征分析、储层多属性分析、叠前/叠后地震反演、储层预测与定量描述等技术;② 礁滩储层含气性检测技术,包括岩石物理与地震响应特征分析、叠前属性与弹性参数地震反演及流体检测、多属性综合与属性交会分析等技术。

(二) 碳酸盐岩储层评价与流体识别测井配套技术

(1)以饱和度评价为核心的缝洞型储层成像测井评价技术。技术内涵包括:① 基于储层高温高压全直径岩心的岩电实验研究,获得非均质各向异性储层含水饱和度—电阻增大率关系实验数据;② 建立了基于多谱孔隙分布分析的饱和度模型选取方法;③ 开发了基于成像测井孔隙度谱的储层有效性识别方法。

(2)以电成像测井为核心的礁滩储层测井评价技术系列。技术内涵包括:标准礁滩相图像的厘定技术、同尺度图像动态增强对比技术等。利用该技术,可以确定井孔穿越礁滩沉积部位,较好地解决了礁滩储层测井评价的技术难题。

(三) 深层—超深层复杂碳酸盐岩地层安全、快速钻井配套技术

技术内涵包括:井身结构优化技术、储层涌漏及其早期识别技术、精细控压钻井技术、防气窜固井工艺技术、含硫天然气井井喷地面扩散数值模拟分析技术等。

(四) 高温、高压碳酸盐岩储层测试与改造配套技术

(1)改造前储层综合量化评估技术。以构造、沉积、地震、录井、测井、测试、地应力、天然裂缝研究为基础的量化以及建模工作为基础,开发了储层改造前评估方法技术。

(2)耐高温改造液体系及高效储层改造技术。改造液体系包括:高温 DCA 清洁酸、高温 GCA 地面交联酸、HTEA 高温乳化酸、高温低伤害压裂液、高温 HDGA 加重酸和高温低成本加重压裂液等酸化压裂改造材料体系。高效储层改造技术包括:大位移水平井分段改造、井下蓝牙测试、测试—改造—封堵—对接投产四重功能管柱测试技术、高温储层均匀布酸酸化技术、高温储层深度改造技术、加重液改造技术和多功能管柱测试技术。

四、取得四个方面应用效果

(一) 推动碳酸盐岩油气勘探获得一批突破发现,为规模勘探提供了方向与目标

近年来,以海相碳酸盐岩油气成藏认识为指导,以研发形成的关键技术为手段,通过不断探索,油气勘探获得了诸如塔北南缘哈拉哈塘、塔中鹰山组层间岩溶、龙岗西台缘带、龙岗雷口坡组风化壳、川西北海相多层系、鄂尔多斯第二岩溶带等一批重大突破与发现。其中塔里木盆地塔北南缘哈拉哈塘地区,形成了 $(6 \sim 8) \times 10^8 \text{t}$ 级规模储量区;塔中地区三级油气储量规模达 $9 \times 10^8 \text{t}$ 。四川盆地龙岗台缘带形成 $3000 \times 10^8 \text{m}^3$ 规模储量区,川中磨溪—高石梯震旦—寒武系获得重大突破,有望形成特大型气田。鄂尔多斯奥陶系第二岩溶带勘探新增储量规模 $2000 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上。

(二) 评价优选一批有利区带与钻探目标,及时应用于勘探生产,取得了显著实效

项目实施三年,立足塔里木、四川、鄂尔多斯三大盆地。一是完成了 33 个油气区带的评价研究,评价优选了 20 个 I—II 类重点勘探区带,区带总资源量 $146 \times 10^8 \text{t}$;二是落实勘探目标 68 个,评价优选勘探目标 45 个,提供探井 158 口,勘探采纳 101 口,提供风险探井 47 口,勘探采纳 30 口。通过钻探,形成了塔里木塔中、塔北哈拉哈塘两个储量规模超 $5 \times 10^8 \text{t}$ 油当量和四川龙岗、鄂尔多斯靖边西两个储量规模超 $3000 \times 10^8 \text{m}^3$ 的规模储量区。

(三) 推动碳酸盐岩进入规模勘探阶段,实现了规模增储工作目标

通过几年时间的持续研究与推动,中国石油在塔里木、四川、鄂尔多斯三大盆地碳酸盐岩领域实现了规模勘探、规模增储的工作目标,三年累计探明油气地质储量 $6.26 \times 10^8 \text{t}$ 油当量,年均探明油气储量是项目攻关前(年均 $0.89 \times 10^8 \text{t}$ 油当量)的 1.8 倍。

(四) 支撑重点区块产能建设,初步实现了规模建产的工作目标

项目研究立足靖边老气田稳产以及龙岗、塔中、塔北等新油气田建产面临的理论认识与关键技术难题,加强开发基础地质研究,强化核心技术攻关,研究成果有力支撑了重点区块碳酸盐岩油藏的产能建设。目前已建产能 $640 \times 10^4 \text{t}$ 油当量,正建产能 $565 \times 10^4 \text{t}$ 油当量,合计 $1205 \times 10^4 \text{t}$ 油当量。2011 年中国石油碳酸盐岩油气产量达到 $740 \times 10^4 \text{t}$ 油当量,较攻关前 2008 年净增 75% 以上。

本书全面总结了近年来中国石油在碳酸盐岩领域基础地质研究与核心技术研发方面取得的研究成果。全书共分三篇:第一篇重点介绍了中国海相碳酸盐岩大油气田的形成与资源分

布,主要编写人员有赵文智、胡素云、汪泽成、沈安江、赵宗举、王兆云、潘文庆、洪海涛、包洪平、刘伟、王铜山、李永新、姜华、徐兆辉、黄士鹏、江青春等;第二篇重点介绍了中国海相碳酸盐岩大油气田有效开发的基础理论与关键技术,主要编写人员有贾爱林、弓麟、朱怡翔、闫海军、赵春、宋本彪;第三篇重点介绍了海相碳酸盐岩油气勘探开发工程配套技术,包括地震、测井、钻井和储层改造等,主要编写人员有李宁、张研、冯许魁、汪海阁、葛云华、王永辉、冯庆付、车明光等。

全书由赵文智、胡素云、汪泽成、刘伟统一定稿,王铜山、姜华、李永新等参加了统稿。

高瑞祺教授、冉隆辉教授、顾家裕教授等专家对书稿编写及审查提出了具体建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于碳酸盐岩油气勘探研究的复杂性,加之编者水平有限,书中尚有诸多不妥之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

第一篇 中国海相碳酸盐岩大油气田的形成与资源分布

第一章 中国海相碳酸盐岩油气勘探现状及挑战	(3)
第一节 中国海相碳酸盐岩油气资源地位	(3)
一、中国海相碳酸盐岩油气资源地位的重要性	(3)
二、中国海相碳酸盐岩油气地质条件的特殊性	(5)
第二节 海相碳酸盐岩油气勘探现状与发展趋势	(6)
一、全球海相碳酸盐岩油气勘探现状与发展趋势	(6)
二、中国海相碳酸盐岩油气勘探现状与发展趋势	(14)
第三节 中国海相碳酸盐岩勘探开发面临的问题与挑战	(17)
一、海相碳酸盐岩油气规模勘探面临的问题与挑战	(17)
二、碳酸盐岩油气藏高效开发面临的挑战与技术需求	(19)
第二章 中国海相碳酸盐岩沉积与岩相古地理特征	(21)
第一节 中国海相碳酸盐岩的分布特征	(21)
一、中国海相盆地发育的构造环境	(21)
二、中国主要海相盆地原型类型及碳酸盐岩分布	(24)
第二节 中国海相碳酸盐岩沉积环境与沉积相	(28)
一、海相碳酸盐岩沉积环境与沉积相	(28)
二、岩相古地理工业化制图技术流程	(32)
三、重点层系岩相古地理特征	(36)
第三节 小结	(49)
第三章 中国海相层系烃源岩特征及成烃机理	(51)
第一节 海相层系泥质烃源岩分布特征	(51)
一、四川盆地海相烃源岩	(52)
二、塔里木盆地海相烃源岩	(56)
三、鄂尔多斯盆地海相烃源岩	(59)
第二节 典型大油气田油气源对比	(61)
一、塔里木盆地碳酸盐岩大油田的主力烃源	(61)
二、四川盆地长兴组—飞仙关组礁滩气田的主力烃源	(67)
第三节 烃源岩中分散液态烃裂解成气潜力	(71)
一、滞留烃源岩中分散液态烃数量	(71)

二、分散液态烃裂解成气机理与成气时机	(73)
三、分散液态烃裂解气的判识指标	(76)
第四节 古老烃源岩“双峰”式生烃演化及分散液态烃对成藏的贡献	(77)
一、温压共控的生烃模拟实验	(78)
二、塔里木盆地海相烃源岩生烃演化	(80)
三、四川盆地海相烃源岩生烃演化	(84)
四、四川盆地震旦系源外分散液态烃的成气贡献	(87)
第五节 小结	(88)
第四章 中国海相碳酸盐岩储层类型与分布特征	(90)
第一节 碳酸盐岩规模储层的成因类型	(90)
第二节 沉积型储层特征与分布	(92)
一、沉积型礁滩储层特征与孔隙成因	(92)
二、沉积型白云岩储层特征及孔隙成因	(100)
三、沉积型储层的控制因素与分布规律	(105)
四、沉积型储层的分布预测	(109)
第三节 成岩型储层特征与分布	(111)
一、成岩型埋藏白云岩储层特征及孔隙成因	(111)
二、成岩型热液白云岩储层特征及孔隙成因	(112)
三、成岩型储层的控制因素与分布规律	(114)
四、成岩型储层的分布预测	(115)
第四节 改造型储层特征与分布	(116)
一、层间岩溶储层特征	(117)
二、顺层岩溶储层特征	(119)
三、潜山型岩溶储层特征	(121)
四、改造型储层的控制因素与分布规律	(124)
五、改造型储层的分布预测	(127)
第五节 小结	(127)
第五章 海相碳酸盐岩大油气田形成与分布特征	(129)
第一节 海相碳酸盐岩油气藏主要类型	(129)
一、岩性圈闭	(130)
二、地层圈闭	(131)
第二节 古老海相碳酸盐岩油气田跨重大构造期成藏机理	(133)
一、跨重大构造期的生烃演化是跨重大构造期成藏的基础	(133)
二、跨重大构造期成藏与晚期成藏	(134)

第三节 碳酸盐岩大油气田主要成藏模式	(137)
一、下侵式成藏	(137)
二、扬程式成藏	(137)
三、转接式成藏	(138)
第四节 我国海相碳酸盐岩大油气田的基本特征	(139)
一、海相碳酸盐岩大油气田中地层—岩性油气藏占主导地位	(139)
二、碳酸盐岩大油气田中主力含油气层分布稳定	(140)
三、碳酸盐岩大油气田由中—低丰度油气藏集群式构成	(141)
四、碳酸盐岩大油气田油气藏集群式分布特征	(143)
第五节 海相碳酸盐岩大油气田分布的有利区带	(147)
一、古隆起及斜坡带	(147)
二、碳酸盐岩台地礁、滩体	(149)
三、深大断裂构造带	(151)
第六节 小结	(152)
第六章 中国海相碳酸盐岩油气资源评价与分布	(153)
第一节 碳酸盐岩油气资源评价方法	(153)
一、成因评价方法	(154)
二、类比评价方法	(161)
第二节 碳酸盐岩油气资源评价参数与取值标准	(164)
一、油气藏解剖与关键参数	(164)
二、参数体系与参数取值标准	(170)
三、碳酸盐岩资源评价实例	(176)
四、评价结果对比	(182)
第三节 三大盆地海相碳酸盐岩油气资源分布	(183)
一、塔里木盆地	(183)
二、四川盆地	(184)
三、鄂尔多斯盆地	(185)
第四节 小结	(186)

第二篇 中国海相碳酸盐岩大油气田高效开发的基础理论与关键技术

第七章 中国海相碳酸盐岩大油气田高效开发理论基础	(189)
第一节 碳酸盐岩油气藏储层描述方法	(189)
一、碳酸盐岩储层描述与碎屑岩的区别	(189)
二、碳酸盐岩油气藏储层描述的内涵	(189)
三、碳酸盐岩油气藏描述阶段的划分及主要任务	(190)
四、碳酸盐岩油气藏非均质性描述	(192)

五、不同开发阶段碳酸盐岩油气藏描述内容、技术及方法	(193)
第二节 碳酸盐岩油气藏多孔介质模拟理论	(194)
一、碳酸盐岩油气藏数值模拟面临的难题	(194)
二、碳酸盐岩复杂介质流动概念模型	(196)
三、碳酸盐岩复杂介质气藏数学模型及求解方法	(200)
第三节 碳酸盐岩气藏高效布井理论	(213)
一、气藏开发的布井	(213)
二、碳酸盐岩气藏均匀井网布井	(216)
三、碳酸盐岩气藏不规则井网布井	(220)
第四节 碳酸盐岩气藏开发技术对策	(223)
一、靖边风化壳型气田开发技术对策	(223)
二、龙岗礁滩型气藏开发技术对策	(227)
三、塔中缝洞型气田开发技术对策	(229)
第五节 小结	(231)
第八章 中国海相碳酸盐岩大油气田开发关键技术	(232)
第一节 中国海相碳酸盐岩大油气田高效开发面临的问题	(232)
一、油气藏描述技术研究难度大	(232)
二、油气藏动态评价研究难度大	(232)
三、气藏稳产挖潜技术研究难度大	(232)
四、油气藏开采工艺技术研究难度大	(233)
第二节 碳酸盐岩储层描述与地质建模技术	(233)
一、碳酸盐岩储层表征技术路线	(233)
二、碳酸盐岩油气藏储层地质建模技术路线	(234)
三、典型碳酸盐岩储层成因与地质模型表征	(237)
第三节 气藏综合动态评价技术	(249)
一、气藏动态分析方法	(249)
二、气藏综合动态评价技术	(260)
第四节 碳酸盐岩气田稳产挖潜技术	(265)
一、碳酸盐岩油气田剩余储量评估	(265)
二、气田稳产挖潜技术	(271)
第五节 碳酸盐岩油气藏开采工艺技术	(277)
一、采气工程安全高效完井技术及其应用	(277)
二、低成本有效防腐技术及应用	(283)
三、深层高温耐蚀排水采气工艺及应用	(287)
第六节 小结	(291)

第三篇 海相碳酸盐岩油气勘探开发工程配套技术

第九章 海相碳酸盐岩储层测井评价与流体识别技术	(295)
第一节 碳酸盐岩储层测井解释评价现状及发展趋势	(295)
第二节 缝洞型储层成像测井评价技术	(297)
一、缝洞型储层参数定量计算方法	(297)
二、成像测井(FMI)孔隙度谱分布计算原理	(302)
三、成像测井资料孔隙度分布谱的计算方法	(304)
四、基于成像测井孔隙度谱的储层有效性识别方法	(308)
第三节 礁滩型储层测井评价技术	(310)
一、礁滩相与储层对应关系的建立	(311)
二、标准化礁滩相储层图版库的建立	(314)
三、礁滩储层地质模型的构建	(314)
四、井孔穿越礁滩储层沉积部位的确定	(315)
五、技术应用效果	(315)
第四节 小结	(316)
第十章 海相碳酸盐岩储层地震预测与烃类检测技术	(317)
第一节 碳酸盐岩储层地震勘探技术现状及发展趋势	(317)
一、碳酸盐岩地震勘探技术难点	(317)
二、碳酸盐岩地震勘探技术现状	(317)
三、碳酸盐岩地震勘探技术发展趋势	(318)
第二节 缝洞型储层预测与烃类检测技术	(319)
一、缝洞型储层地震预测技术	(319)
二、缝洞型储层烃类检测技术	(323)
三、塔里木盆地塔北地区应用实例	(326)
第三节 礁滩型储层地震预测与烃类预测技术	(329)
一、礁滩型储层地震预测技术	(329)
二、礁滩气藏地震检测技术	(332)
三、四川盆地龙岗地区应用实例	(335)
第四节 小结	(339)
第十一章 深层碳酸盐岩油气井安全快速钻井配套技术	(340)
第一节 复杂压力层系非常规井身结构设计与应用	(340)
一、井身结构设计现状	(340)
二、龙岗地区井身结构设计	(341)

第二节 碳酸盐岩储层涌漏及早期识别技术	(347)
一、碳酸盐岩储层涌漏特征	(347)
二、井筒环空流体涌漏状况数值模拟	(348)
三、基于 PWD 井下压力波动特征的涌漏早期识别软件系统开发	(350)
第三节 碳酸盐岩油气藏精细控压钻井技术	(351)
一、控压钻井技术的基本原理及实现方法	(351)
二、井口回压补偿方式优选	(351)
三、精细控压钻井系统总体方案设计与研发	(353)
四、精细控压钻井现场应用	(354)
第四节 碳酸盐岩油气井高温高压防气窜固井工艺技术	(357)
一、固井气窜问题的影响因素	(358)
二、固井水泥环腐蚀机理	(358)
三、龙岗地区固井技术应用实例	(358)
第五节 含 H_2S 天然气地面井喷泄漏扩散数值模拟方法	(365)
一、气侵方式及气侵量计算	(366)
二、气体滑脱运移	(367)
三、含硫天然气地面扩散规律研究	(368)
第六节 小结	(370)
第十二章 碳酸盐岩储层改造与测试配套技术	(371)
第一节 碳酸盐岩储层改造与测试技术现状及发展趋势	(371)
第二节 压裂酸化改造前评估技术	(372)
一、储层量化评估方法	(372)
二、碳酸盐岩储层伤害评价实验方法	(373)
三、高温乳化酸评价实验方法	(374)
四、碳酸盐岩复杂介质试井评估方法	(374)
第三节 高温压裂酸化改造材料体系	(375)
一、DCA 清洁自转向酸	(375)
二、GCA 地面交联酸	(376)
三、高温加重酸	(376)
四、高温乳化酸	(377)
五、高温低伤害压裂液体系	(378)
六、加重压裂液体系	(378)
第四节 压裂酸化改造与测试配套技术新进展	(379)
一、大位移水平井分段改造技术	(380)
二、井下蓝牙测试技术	(380)
三、测试—改造—封堵—对接投产四重功能管柱测试技术	(381)

四、高温储层均匀布酸酸化技术 (381)

五、高温储层深度改造技术 (381)

六、加重液改造技术 (382)

七、多功能管柱测试技术 (382)

第五节 压裂酸化改造与测试技术的集成、完善与应用 (382)

一、碳酸盐岩储层改造技术集成 (383)

二、测试技术集成 (384)

三、现场应用效果 (384)

第六节 小结 (385)

参考文献 (387)