



中国石油大学(华东)“211工程”建设  
重点资助系列学术专著

复杂油气藏物理-化学强化开采  
工程技术研究与实践丛书

卷一

# 异常应力构造低渗油藏大段泥页岩 井壁稳定与多套系统储层保护技术

HOLE WALL STABILIZATION AND MULTI-SYSTEM OF RESERVOIR PROTECTION TECHNOLOGY OF  
THE ABNORMAL STRESS STRUCTURAL LOW-PERMEABILITY RESERVOIR WITH LARGE MUD SHALE

蒲春生 周风山 吴飞鹏 庸富华 著



中国石油大学出版社  
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国石油大学(华东)“211工程”建设  
重点资助系列学术专著

复杂油气藏物理-化学强化开采  
工程技术研究与实践丛书

卷一

# 异常应力构造低渗油藏大段泥页岩 井壁稳定与多套系统储层保护技术

HOLE WALL STABILIZATION AND MULTI-SYSTEM OF RESERVOIR PROTECTION TECHNOLOGY OF  
THE ABNORMAL STRESS STRUCTURAL LOW-PERMEABILITY RESERVOIR WITH LARGE MUD SHALE

蒲春生 周风山 吴飞鹏 庸富华 著

## 图书在版编目(CIP)数据

异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁稳定与多套系统储层保护技术/蒲春生等著. —东营:中国石油大学出版社,2015.12

(复杂油气藏物理-化学强化开采工程技术研究与实践丛书;1)

ISBN 978-7-5636-4961-7

I. ①异… II. ①蒲… III. ①低渗透油层—板岩—井壁稳定性—研究 ②低渗透油层—板岩—储层保护—研究  
IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 314076 号

书 名: 异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁稳定与多套系统储层保护技术  
作 者: 蒲春生 周凤山 吴飞鹏 庸富华

---

责任编辑: 穆丽娜 张 廉(电话 0532—86981531)

封面设计: 悟本设计

---

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbok.com.cn>

电子信箱: [shiyoujiaoyu@126.com](mailto:shiyoujiaoyu@126.com)

印 刷 者: 山东临沂新华印刷物流集团有限责任公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531,86983437)

开 本: 185 mm×260 mm 印张:11 字数:262 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 60.00 元

中国石油大学(华东)“211工程”建设  
重点资助系列学术专著

## 总序

“211工程”于1995年经国务院批准正式启动,是新中国成立以来由国家立项的高等教育领域规模最大、层次最高的工程,是国家面对世纪之交的国内国际形势而做出的高等教育发展的重大决策。“211工程”抓住学科建设、师资队伍建设等决定高校水平提升的核心内容,通过重点突破带动高校整体发展,探索了一条高水平大学建设的成功之路。经过17年的实施建设,“211工程”取得了显著成效,带动了我国高等教育整体教育质量、科学研究、管理水平和办学效益的提高,初步奠定了我国建设若干所具有世界先进水平的一流大学的基础。

1997年,中国石油大学跻身“211工程”重点建设高校行列,学校建设高水平大学面临着重大历史机遇。在“九五”“十五”“十一五”三期“211工程”建设过程中,学校始终围绕提升学校水平这个核心,以面向石油石化工业重大需求为使命,以实现国家油气资源创新平台重点突破为目标,以提升重点学科水平,打造学术领军人物和学术带头人,培养国际化、创新型人才为根本,坚持有所为、有所不为,以优势带整体,以特色促水平,学校核心竞争力显著增强,办学水平和综合实力明显提高,为建设石油学科国际一流的高水平研究型大学打下良好的基础。经过“211工程”建设,学校石油石化特色更加鲜明,学科优势更加突出,“优势学科创新平台”建设顺利,5个国家重点学科、2个国家重点(培育)学科处于国内领先、国际先进水平。根据ESI 2012年3月更新的数据,我校工程学和化学2个学科领域首次进入ESI世界排名,体现了学校石油石化主干学科实力和水平的明显提升。高水平师资队伍建设取得实质性进展,培养汇聚了两院院士、长江学者特聘教授、国家杰出青年基金获得者、国家“千人计划”和“百千万人才工程”入选者等一

批高层次人才队伍,为学校未来发展提供了人才保证。科技创新能力大幅提升,高层次项目、高水平成果不断涌现,年到位科研经费突破4亿元,初步建立起石油特色鲜明的科技创新体系,成为国家科技创新体系的重要组成部分。创新人才培养能力不断提高,开展“卓越工程师教育培养计划”和拔尖创新人才培育特区,积极探索国际化人才的培养,深化研究生培养机制改革,初步构建了与创新人才培养相适应的创新人才培养模式和研究生培养机制。公共服务支撑体系建设不断完善,建成了先进、高效、快捷的公共服务体系,学校办学的软硬件条件显著改善,有力保障了教学、科研以及管理水平的提升。

17年来的“211工程”建设轨迹成为学校发展的重要线索和标志。“211工程”建设所取得的经验成为学校办学的宝贵财富。一是必须要坚持有所为、有所不为,通过强化特色、突出优势,率先从某几个学科领域突破,努力实现石油学科国际一流的发展目标。二是必须坚持滚动发展、整体提高,通过以重点带动整体,进一步扩大优势,协同发展,不断提高整体竞争力。三是必须坚持健全机制、搭建平台,通过完善“联合、开放、共享、竞争、流动”的学科运行机制和以项目为平台的各项建设机制,加强统筹规划、集中资源力量、整合人才队伍,优化各项建设环节和工作制度,保证各项工作的高效有序开展。四是必须坚持凝聚人才、形成合力,通过推进“211工程”建设任务和学校各项事业发展,培养和凝聚大批优秀人才,锻炼形成一支甘于奉献、勇于创新的队伍,各学院、学科和各有关部门协调一致、团结合作,在全校形成强大合力,切实保证各项建设任务的顺利实施。这些经验是在学校“211工程”建设的长期实践中形成的,今后必须要更好地继承和发扬,进一步推动高水平研究型大学的建设和发展。

为更好地总结“211工程”建设的成功经验,充分展示“211工程”建设的丰富成果,学校自2008年开始设立专项资金,资助出版与“211工程”建设有关的系列学术专著,专款资助石大优秀学者以科研成果为基础的优秀学术专著的出版,分门别类地介绍和展示学科建设、科技创新和人才培养等方面的成果和经验。相信这套丛书能够从不同的侧面、从多个角度和方向,进一步传承先进的科学研究成果和学术思想,展示我校“211工程”建设的巨大成绩和发展思路,从而对扩大我校在社会上的影响,提高学校学术声誉,推进我校今后的“211工程”建设发挥重要而独特的贡献和作用。

最后,感谢广大学者为学校“211工程”建设付出的辛勤劳动和巨大努力,感谢专著作者孜孜不倦地整理总结各项研究成果,为学术事业、为学校 and 师生留下宝贵的创新成果和学术精神。

中国石油大学(华东)校长



2012年9月

在世界经济发展和国内经济保持较快增长的背景下,我国石油需求持续大幅度上升。2014年我国石油消费量达到 $5.08 \times 10^8$  t,国内原油产量为 $2.1 \times 10^8$  t,对外依存度接近60%,预计未来还将呈现上升态势,国家石油战略安全的重要性愈加凸显。

经过几十年的勘探开发,国内各大油田相继进入开采中后期,新发现并投入开发的油田绝大多数属于低渗、特低渗、致密、稠油、超稠油、异常应力、高温高压、海洋等难动用复杂油气藏,储层类型多、物性差,地质条件复杂,地理环境恶劣,开发技术难度极大。多年来,蒲春生教授率领课题组在异常应力构造油藏、致密砂岩油藏、裂缝性特低渗油藏、深层高温高压气藏和薄层疏松砂岩稠油油藏等复杂油气藏物理-化学强化开采理论与技术方面进行了大量研究工作,取得了丰富的创新性成果,并在生产实践中取得了良好的应用效果。尤其在异常应力构造油藏大段泥页岩井壁失稳与多套压力系统储层伤害物理-化学协同控制机制、致密砂岩油藏水平井纺锤形分段多簇体积压裂、水平井/直井联合注采井网渗流特征物理与数值模拟优化决策、深层高温高压气藏多级脉冲燃爆诱导大型水力缝网体积压裂动力学理论与工艺技术、裂缝性特低渗油藏注水开发中后期基于流动单元/能量厚度协同作用理论的储层精细评价技术和裂缝性水窜水淹微观动力学机理与自适应深部整体调控技术、薄层疏松砂岩稠油油藏注蒸汽热力开采“降黏-防汽窜-防砂”一体化动力学理论与配套工程技术等方面的研究成果具有原创性。在此基础上,将多年科研

实践成果进行了系统梳理与总结凝练,同时全面吸收相关技术领域的知识精华与矿场实践经验,形成了这部《复杂油气藏物理-化学强化开采工程技术研究与实践丛书》。

该丛书理论与实践紧密结合,重点论述了涉及异常应力构造油藏大段泥页岩井壁稳定与多套压力系统储层保护问题、致密砂岩油藏储层改造与注采井网优化问题、裂缝性特低渗油藏水窜水淹有效调控问题、薄层疏松砂岩稠油油藏高效热采与有效防砂协调问题等关键工程技术的系列研究成果,其内容涵盖储层基本特征分析、制约瓶颈剖析、技术对策适应性评价、系统工艺设计、施工参数优化、矿场应用实例分析等方面,是从事油气田开发工程的科学研究工作者、工程技术人员和大专院校相关专业师生很好的参考书。同时,该丛书的出版也必将对同类复杂油气藏的高效开发具有重要的指导和借鉴意义。

中国科学院院士



2015年10月

随着常规石油资源的减少,低渗、特低渗、稠油、超稠油、致密以及异常应力构造、高温高压等复杂难动用油气藏逐步成为我国石油工业的重要接替储量,但此类油气藏开发难度大且成本高,同时油田的高效开发与生态环境协调可持续发展的压力越来越大,现有的常规强化开采技术已不能完全满足这些难动用油气资源高效开发的需要。将现有常规采油技术和物理法采油相结合,探索提高复杂油气藏开发效果的新方法和新技术,对促进我国难动用油气藏单井产能和整体采收率的提高具有十分重要的理论与实践意义。

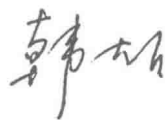
自20世纪90年代以来,蒲春生教授带领科研团队基于陕甘宁、四川、塔里木、吐哈、准噶尔等西部油气田地理条件恶劣、生态环境脆弱以及油气藏地质条件复杂的具体情况,建立了国内唯一一个专门从事物理法和物理-化学复合强化采油理论与技术研究的“油气田特种增产技术实验室”。2002年,“油气田特种增产技术实验室”被批准为“陕西省油气田特种增产技术重点实验室”。2006年,开始筹建中国石油大学(华东)油气田开发工程国家重点学科下的“复杂油气开采物理-生态化学技术与工程研究中心”。经过多年的科学研究与工程实践,该科研团队在复杂油气藏强化开采理论研究和工程实践上取得了一系列特色鲜明的研究成果,尤其在异常应力构造大段泥页岩井壁稳定防控机制与储层伤害液固耦合微观作用机制、致密砂岩储层分段多簇体积压裂、水平井与直井组合井网下的渗流传导规律及体积压裂裂缝形态的优化决策、深层高温高压气藏多级脉冲



深穿透燃爆诱导体积压裂裂缝延伸动态响应机制、裂缝性特低渗储层裂缝尺度动态表征与缝内自适应深部调控技术、薄层疏松砂岩稠油油藏注蒸汽热力开采综合提效配套技术等方面获得重要突破,并在生产实践中取得了显著效果。

在此基础上,他们将多年科研实践成果进行系统梳理与总结凝练,并吸收相关技术领域的知识精华与矿场实践经验,写作了这部《复杂油气藏物理-化学强化开采工程技术与实践丛书》,可为复杂油气藏开发领域的研究人员和工程技术人员提供重要参考。这部丛书的出版将会积极推动复杂油气藏物理-化学复合开采理论与技术的发展,对我国复杂油气资源高效开发具有重要的社会意义和经济意义。

中国工程院院士



2015年10月

随着我国陆上主力常规油气资源逐渐进入开发中后期,复杂油气资源的高效开发对于维持我国石油工业稳定发展、保障石油供应平衡、支撑国家经济可持续发展、维护国家战略安全均具有重要意义。异常应力构造储层、致密砂岩储层、裂缝性特低渗储层、深层高温高压储层、薄层疏松砂岩稠油储层是近年来逐步投入规模开发的几类重要复杂油气资源。在这些油藏的钻井、储层改造、井网布置、水驱控制、高效开发各环节均存在突出的技术制约,主要体现在异常应力构造储层的井壁稳定与储层保护问题、致密砂岩储层的储层改造与井网优化问题、裂缝性特低渗储层的水驱有效调控问题、疏松砂岩储层的高效热采与有效防砂协调问题等。由于这些复杂油气藏自身的特殊性,一些常规开发技术方法和工艺手段的应用受到了不同程度的限制,而新兴的物理-化学复合方法在该类储层开发中体现出较强的适用性。由此,突破常规技术开发瓶颈,系统梳理物理-化学复合开发技术,完善矿场施工配套工艺等,对于提高复杂油气资源开发的效率和效益具有十分重要的意义。

基于上述复杂油气藏的地质特点和开发特征,将现有常规采油技术与物理法采油相结合,探索提高复杂油气藏开发水平的新思路与新方法,必将有效地促进上述几类典型难动用油气藏单井产量与采收率的提高,减少油层伤害与环境污染,提高整体经济效益和社会效益。1987年以来,作者所带领的科研团队一直致力于储层液/固体体系微观动力学、储层波动力学、储层伤害孔隙堵塞预测诊断与评价、裂缝性水窜通道自适应调控、高能气体压裂强化采油、稠油高效开发等复杂油气藏物理-化学强化开采基本理论与工程应用方面的

研究工作。在理论研究取得重要认识的基础上,逐步形成了异常应力构造泥页岩井壁稳定、储层伤害评价诊断与防治、致密砂岩油藏水平井/直井复合井网开发、深层高温高压气藏多级脉冲燃爆诱导大型水力缝网体积压裂、裂缝性特低渗油藏水窜水淹自适应深部整体调控、薄层疏松砂岩稠油油藏注蒸汽热力开采“降黏-防汽窜-防砂”一体化等多项创新性配套工程技术成果,并逐步在矿场实践中获得成功应用。特别是近十年来,项目组的研究工作被列入了国家西部开发科技行动计划重大科技攻关课题“陕甘宁盆地特低渗油田高效开发与水资源可持续发展关键技术研究(2005BA901A13)”、国家科技重大专项课题“大型油气田及煤层气开发(2008ZX05009)”、国家863计划重大导向课题“超大功率超声波油井增油技术及其装置研究(2007AA06Z227)”、国家973计划课题“中国高效气藏成藏理论与低效气藏高效开发基础研究”三级专题“气藏气/液/固体系微观动力学特征(2001CB20910704)”、国家自然科学基金课题“油井燃爆压裂中毒性气体生成与传播规律研究(50774091)”、教育部重点科技攻关项目“振动-化学复合增产技术研究(205158)”、中国石油天然气集团公司中青年创新基金项目“低渗油田大功率弹性波层内叠合造缝与增产关键技术研究(05E7038)”、中国石油天然气股份公司风险创新基金项目“电磁采油系列装置研究与现场试验(2002DB-23)”、陕西省重大科技攻关专项计划项目“陕北地区特低渗油田保水开采提高采收率关键技术研究(2006KZ01-G2)”和陕西省高等学校重大科技攻关项目“陕北地区低渗油田物理-化学复合增产与提高采收率技术研究(2005JS04)”,以及大庆、胜利、吐哈、长庆、延长、辽河、大港、塔里木、吉林、中原等石油企业的科技攻关项目和技术服务项目,使相关研究与现场试验工作取得了重要进展,获得了良好的经济效益与社会效益。在作者及合作者近30年研究工作积累的基础上,结合前人有关的研究工作,总结撰写出《复杂油气藏物理-化学强化开采工程技术研究与实践丛书》。在作者多年的研究工作和本丛书的撰写过程中,自始至终得到了郭尚平院士、王德民院士、韩大匡院士、戴金星院士、罗平亚院士、袁士义院士、李佩成院士、张绍槐教授、葛家理教授、张琪教授、李仕伦教授、陈月明教授、赵福麟教授等前辈们的热心指导与无私帮助,并得到了中国石油大庆油田、辽河油田、大港油田、新疆油田、塔里木油田、吐哈油田、长庆油田,中国石化胜利油田、中原油田,中海油渤海油田,以及延长石油集团等企业的精诚协作与鼎力支持,在此特向他们致以崇高的敬意和由衷的感谢。

本书为丛书的第一卷,全面系统地介绍了异常应力构造低渗油藏的成藏背景、储层地质特征、井壁稳定安全钻井技术,以及多套压力系统储层物性、储层伤害机理与预防处理技术。

自“八五”开始,为保持我国石油总产量的稳定及增长,国家制定了陆上石油工业“稳定东部、发展西部”的发展战略。我国在新疆吐哈、塔里木、准噶尔三大盆地的油气勘探相继有了重大发现,并在吐哈盆地率先获得突破。QD构造和SB构造为吐哈油田的主力油区,地层埋藏深、层厚大,地质情况极其复杂。QD构造和SB构造为山前构造,区块处于地质运动活跃期,地应力复杂且井深剖面上有大段泥页岩,下部为多套压力系统的储层。钻井过程中出现了严重的井下复杂情况,井漏、井塌频繁,钻井事故率达到40%,严重影响钻井作业的正常进行,钻井成本居高不下,建井周期长,并影响勘探开发进度;而多套压力系统的储集层在

钻井、完井过程中受到严重损害,保护难度大,常规的储层保护技术难以奏效,储层损害严重,严重影响油井产能、油藏最终采收率和油田整体开发效益。作者带领科研团队在深井大段泥页岩井壁稳定和多套压力系统储层保护配套技术方面开展了系统的研究工作,并在以下理论与技术方面取得了一些重要进展:

(1) 在深井大段泥页岩井壁稳定和多套压力系统储层保护配套技术理论研究方面取得了重要突破。主要体现在:建立了大段泥页岩岩性特征剖面并得到了其与井壁稳定之间的相关规律;建立了深井多套压力系统储层损害机理及其评价方法;建立了多套压力储层敏感性系数及其定量计算模式;建立了表面电荷特征系统分类模式,并得到了其与储层水敏性的相关规律;建立了储层损害与温度变化之间的相关规律;建立了低渗透储层微裂隙系统有效尺寸室内检测方法并完成了实验装置设计;建立了屏蔽暂堵技术工艺优化设计的加罚形式多元相关分析法。

(2) 首次采取岩石矿物学、岩相学、岩石弹塑性力学、流体力学、渗流力学、化学反应动力学、胶体表面化学等多学科有机结合的研究方式,对影响井壁稳定和储层保护的地质、化学和工程三方面因素进行了系统深入的研究,形成了适用于以吐哈 QD 构造和 SB 构造为代表的深井大段泥页岩井壁稳定及多套压力系统储层保护配套技术。

全书共分 8 章。第 1 章简要介绍井壁稳定技术及储层保护技术等基本概念;第 2 章简述吐鲁番-哈密盆地大段泥页岩构造地质特征,主要包含区域构造背景、沉积背景及沉积微相特征等;第 3 章阐述吐鲁番-哈密盆地大段泥页岩异常应力构造下的应力特征、孔隙-微裂缝发育特征,并介绍大段泥页岩储层岩石水化膨胀特征;第 4 章在异常应力构造大段泥页岩构造特征、应力特征及储层物性特征基础上总结得到井壁稳定主控因素及影响规律,进而研究井壁稳定钻井液技术和安全钻井工艺技术;第 5 章简述多套压力系统储层区域构造、沉积背景、沉积微相特征及储层物性特征;第 6 章研究多套压力系统储层潜在伤害机理,明确多套压力系统储层伤害主控因素,提出多套压力系统储层伤害预测技术,评价多套压力系统储层伤害敏感性;第 7 章介绍多套压力系统储层伤害预防与处理技术,包括强抑制性钻井液体系研制、屏蔽暂堵储层伤害防治技术;第 8 章展望异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁稳定技术的发展趋势。

本书可供从事油气田开发工程、石油开发地质等方面工作的科研工作者和工程技术人员参考,也可以作为相关专业领域的博士、硕士研究生和高年级大学生的参考教材。

本书内容主要基于作者及所领导的科研团队取得的研究成果,同时也参考了近年来国内外同行专家在这一领域公开出版或发表的相关研究成果,相关参考资料已列入参考文献之中,特做此说明,并对这些资料的作者致以诚挚的谢意。

中国石油大学(华东)油气田开发工程国家重点学科“211 工程”建设计划、985 创新平台建设计划和中国石油大学出版社对本书的出版给予了大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。本书的出版还得到了国家出版基金和中国石油大学(华东)“211 工程”建设学术著作出版基金的支持,在此一并表示感谢。

目前,深井大段泥页岩井壁稳定和多套系统储层保护配套技术在诸多方面仍处于研究发展阶段,加之作者水平有限和经验不足,书中难免有不少缺点和错误,欢迎同行和专家提出宝贵意见。

作 者

2015年8月

<b>第 1 章 异常应力构造油藏井壁稳定与储层伤害问题</b> .....	1
1.1 异常压力油气藏 .....	1
1.2 井壁稳定问题 .....	2
1.2.1 国内外井壁稳定研究现状 .....	2
1.2.2 井壁稳定问题及治理对策分析 .....	5
1.3 储层伤害问题 .....	6
1.3.1 国内外储层伤害及保护技术研究现状 .....	6
1.3.2 储层伤害问题及治理对策分析 .....	10
<b>第 2 章 大段泥页岩构造地质特征</b> .....	13
2.1 大段泥页岩区域构造背景 .....	13
2.2 大段泥页岩沉积背景 .....	15
2.2.1 地层分布特征 .....	15
2.2.2 沉积特征 .....	17
2.3 大段泥页岩沉积微相特征 .....	18
2.3.1 上二叠统( $P_2$ )沉积微相特征 .....	18
2.3.2 三叠系(T)沉积微相特征 .....	20
2.3.3 侏罗系(J)沉积微相特征 .....	22
2.3.4 白垩系(K)沉积微相特征 .....	26
2.3.5 第三系(N—E)沉积微相特征 .....	26
2.3.6 第四系(Q)沉积微相特征 .....	27
<b>第 3 章 大段泥页岩异常应力构造与岩石物化特征</b> .....	28
3.1 大段泥页岩岩石力学研究方法 .....	28

3.1.1	岩石力学参数的连续确定 .....	28
3.1.2	吐哈油田 QD 构造岩石力学参数的确定 .....	30
3.2	大段泥页岩区域构造应力特征 .....	33
3.3	大段泥页岩储层孔隙-微裂缝发育特征 .....	40
3.3.1	QD3 井储层孔渗发育特征 .....	41
3.3.2	QD7 井储层孔渗发育特征 .....	44
3.3.3	成岩作用与孔隙演化 .....	48
3.4	大段泥页岩储层岩石水化膨胀特征 .....	53
3.4.1	研究泥页岩水敏性的意义及方法 .....	53
3.4.2	构造泥页岩水敏吸附膨胀特性 .....	55
3.4.3	构造泥页岩水敏吸附分散特性 .....	57
3.4.4	层理与裂隙发育的泥页岩的水敏性 .....	59
<b>第 4 章</b>	<b>大段泥页岩井壁稳定安全钻井技术 .....</b>	<b>62</b>
4.1	大段泥页岩岩性特征及其与井壁稳定之间的相关规律 .....	62
4.2	大段泥页岩井壁稳定钻井液技术 .....	65
4.2.1	钻井液处理剂的评选 .....	65
4.2.2	大段泥页岩钻井液体系的确定 .....	72
4.2.3	大段泥页岩钻井液配方优选 .....	73
4.3	大段泥页岩井壁稳定安全钻井工艺技术 .....	82
4.3.1	构造岩石可钻性及钻头选型 .....	82
4.3.2	合理井身结构与钻具组合 .....	87
4.3.3	钻井工程分段施工要点 .....	90
<b>第 5 章</b>	<b>多套压力系统储层地质与物性特征 .....</b>	<b>94</b>
5.1	多套压力系统储层区域构造与沉积背景 .....	94
5.1.1	构造位置 .....	94
5.1.2	沉积地层与岩性 .....	94
5.2	多套压力系统储层物性特征 .....	96
5.2.1	储层岩石类型及岩性特征 .....	96
5.2.2	储层砂岩的孔隙类型 .....	103
<b>第 6 章</b>	<b>多套压力系统储层潜在伤害与敏感性评价 .....</b>	<b>104</b>
6.1	多套压力系统储层伤害主控因素 .....	104
6.1.1	黏土矿物及其引起的潜在损害因素 .....	104
6.1.2	碳酸盐矿物和黄铁矿引起的地层损害 .....	107
6.1.3	其他矿物引起的地层损害 .....	108
6.1.4	结垢趋势 .....	108

6.1.5	出 砂 .....	108
6.2	多套压力系统储层伤害预测技术 .....	109
6.2.1	分层界面方程的建立 .....	109
6.2.2	界面方程的拟合效果分析 .....	110
6.2.3	数据的收集和计算 .....	110
6.3	多套压力系统储层伤害敏感性评价 .....	112
6.3.1	储层岩心敏感性实验及损害机理研究 .....	112
6.3.2	颗粒表面电荷特征与储层水敏性相关规律研究 .....	125
6.3.3	储层损害的温度敏感性研究 .....	131
6.3.4	储层流体与工作液间配伍性研究 .....	135
<b>第 7 章</b>	<b>多套压力系统储层伤害预防与处理技术 .....</b>	<b>144</b>
7.1	强抑制性钻井液体系研制 .....	144
7.1.1	实验方法及仪器配置 .....	144
7.1.2	制样及实验结果评价指标 .....	146
7.1.3	实验结果及分析 .....	148
7.2	屏蔽暂堵储层伤害防治技术 .....	151
7.2.1	屏蔽暂堵液中固相粒子尺寸分布定量计算 .....	151
7.2.2	屏蔽暂堵剂加量计算 .....	152
7.2.3	屏蔽暂堵剂的复配定量计算 .....	153
<b>第 8 章</b>	<b>异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁稳定技术展望 .....</b>	<b>154</b>
8.1	异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁失稳机理分析 .....	154
8.2	异常应力构造低渗油藏大段泥页岩井壁稳定研究方法及发展趋势 .....	155
8.2.1	研究方法 .....	155
8.2.2	发展趋势 .....	157
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>158</b>



# 第1章 异常应力构造油藏井壁稳定与储层伤害问题

我国西部油气田具有埋藏深、地质条件复杂、地理条件恶劣等特点,勘探开发中深井大段泥页岩井壁稳定成为钻井的重大难题,常规的储层保护技术难以奏效,而多套系统的储层保护难度亦大,严重影响油井产能、油藏最终采收率和油田整体开发效益。因此,深井大段泥页岩井壁稳定和多套层系储层保护配套技术的研究工作显得尤为重要,并且对于防塌治漏与多压力系统的储层保护必须统一考虑。单靠钻井液技术或单靠钻井工艺技术都难以解决这一复杂问题,必须把井壁稳定力学和钻井液化学有机结合起来,采用特殊的防塌治漏钻井液体系并结合切实可行的钻井工艺措施,且在完井阶段将钻井液转化为保护储层的完井液,才能达到防塌治漏和保护储层的目的。

## 1.1 异常压力油气藏

地层异常压力早就引起了人们的关注,随着越来越多的盆地发现异常压力,尤其是在钻井过程中所遇到的由异常压力引起的一系列问题,使得对异常压力的研究成为一个热点。异常压力是指地层中孔隙流体的压力大于或小于相同深度地层的正常压力。一般含油气盆地中地层的孔隙压力等于从地面开始的连续静水柱压力,当孔隙压力明显大于或小于正常压力时,就产生异常压力,分别称为超压或欠压。正常压力带的地层压力系数为1,压力系数大于1为高压异常,而压力系数小于1则为低压异常。

近年来,我国在海内外勘探开发的高压和超低压油气藏的地层特征复杂,使得钻井工艺比常规油气藏更加复杂,施工难度加大,主要表现在以下几个方面:

(1) 井身结构复杂,开钻次数多。

由于此类油气藏多具产层多、压力异常、多压力系统以及地层压力规律性差等特点,故在井身结构设计上考虑的套管层次比较多。

(2) 钻井液配制和维护处理难。

高压油气藏钻井与高密度钻井液是紧密相关的,为了平衡地层压力,常常不得不使用密度非常高的钻井液,因此对钻井液的黏度、滤失量、泥饼、pH值、含砂量、摩阻系数、静切力、固体含量和膨润土含量等性能提出了非常严格的要求。