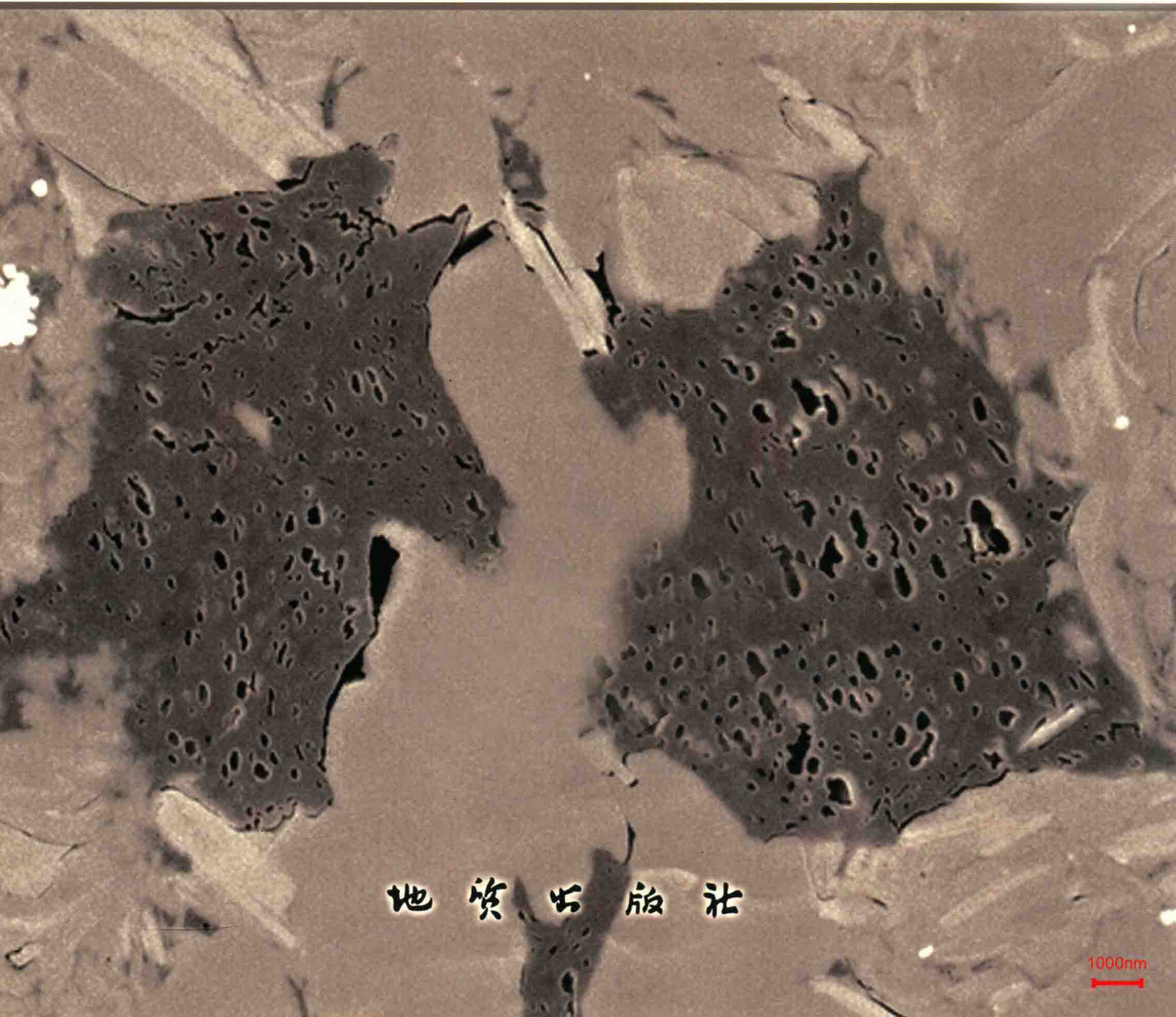


高等学校教材

非常规油气地质

(第二版)

邹才能 等著



地质出版社

1000nm

非常规油气地质

邹才能 陶士振 侯连华 朱如凯 袁选俊
张国生 宋岩 牛嘉玉 董大忠 吴晓智 等 著
柳少波 蒋凌志 王社教 郭秋麟 杨智

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在对石油地质学发展历程与理论要点简要总结的基础上,全面探讨了非常规油气战略地位与发展前景,重点阐述了非常规油气的基本概念、主要类型、聚集特征、分布规律以及纳米级孔喉发育特征与精细表征技术,分类介绍了致密砂岩油气、页岩油气、煤层气、碳酸盐岩缝洞油气、火山岩储层油气、变质岩储层油气、重油沥青、油页岩、天然气水合物的内涵、形成条件、储层特征、聚集机理、富集规律和勘探开发关键技术,并对非常规油气的评价方法与技术进行了分析与展望。

本书可供相关院校作为教材使用,也可供科研院所、石油公司等相关研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

非常规油气地质 / 邹才能等著. —2 版. —北京:
地质出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 116 - 08094 - 2

I. ①非… II. ①邹… III. ①石油天然气地质 IV.
①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 308007 号

FEICHANGGUI YOUQI DIZHI

责任编辑: 孙亚芸

责任校对: 韦海军

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 24.5

字 数: 720 千字

印 数: 1—5000 册

版 次: 2013 年 1 月北京第 2 版

印 次: 2013 年 1 月北京第 1 次印刷

定 价: 98.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 08094 - 2

审 图 号: GS (2012) 1737 号

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

导 言

非常规思维

常规人，要有非常规思想。只有枯竭的思想，没有枯竭的油气。认识的误区就是勘探禁区。只有想不到的油气，没有找不到的油气。只有解放不了的思想，没有解放不了的油气。常规思想找不到非常规油气，常规技术拿不到非常规油气。打破常规，形成非常规。常规油气也需要非常规方法。找油要不断重新认识找油理论、不断重新认识找油技术、不断重新认识找油思想。找油要敢于突破传统知识、突破传统技术、突破传统方法。找油要不断突破生烃温度最高极限、突破储层孔隙度最小极限、突破油气深度最大极限。找油就是发展老区、开辟新区、突破禁区。找油气要找准方向，找对方法。找油气方向决定成败，找油气方法决定成效。要用智慧透视地球，用技术降低风险。地质家是指出油气，勘探家是打出油气；研究不死心，探索不放弃。发现是硬道理，产量是硬指标。找油气就是找规律，找规模。找油气要有“不死心、不灰心、不放弃”的精神，坚持要不断，久攻要不弃。找油气是一门技术，更是一门艺术。

能源三次转换

水、粮食和能源是人类生存不可或缺的三大要素。能源好似地球人前行的动力，油气好像地球人敏感的“神经”。人类利用能源经历了从木柴向煤炭、煤炭向油气、油气向新能源的3次重大转换。能源开采效益与能源利用效率将成为能源科技创新的主题。随着世界经济社会对能源需求的持续增长、国际油价的高位运行和低碳社会的逐渐到来，从传统油气走向新能源的第三次重大转换将成为必然趋势。但未来相当长时期内，新能源难以担当重任，煤炭、油气等化石能源仍将占世界能源消费总量的80%左右，常规和非常规油气在一次能源中仍占据主导地位，常规油气资源面临非常规的“新挑战”，非常规油气资源正在转变成“新常规”资源。

石油工业生命 300 年

油气工业发展将经历常规油气突破、常规油气与非常规油气并重、非常规油气发展 3 个阶段，形成完整的石油工业生命周期。据预测世界石油工业的生命周期大约为 300 年，自 1859 年现代石油工业诞生起，已历经 150 余年。1934 年 McCollough 提出的“圈闭学说”是常规油气地质理论形成的重要标志，指导了常规油气资源的勘探开发；1995 年 Schmoker 等提出的“连续型油气聚集”观点是非常规油气理论开启的里程碑，为非常规油气资源有效开发利用提供了科学依据。囿于找油气理论、技术和方法的不断创新，1956 年哈伯特提出的石油产量“峰值理论”已被颠覆，世界油气产量高峰从 20 世纪 60 年代开始，可能会延迟到 21 世纪 30~40 年代，世界石油工业的生命周期也很可能会超过 300 年。

传统油气认识 10 大误区

传统油气观点尚存 10 大误区：①烃源岩只能作为生油气层，不能作为储集层，而页岩气已获突破；②致密储集层不能形成工业化产能，而致密油和气、页岩气已获工业化产量；③油气聚集必须有圈闭，而非常规连续型油气聚集并无明显圈闭；④油气必须靠浮力二次运移才能成藏，而非常规油气非浮力可源内或近源聚集；⑤油、气、水的分布只能是上气、中油、下水，具有统一界面，而非常规油气无统一油、气、水界面；⑥油气聚集必须有盖层，而非常规油气储集层具有盖层功能；⑦油气勘探深度有死亡线，超深层油气没有经济价值，而 6000~8000m 超深层油气已获发现；⑧油气勘探存在禁区，而火山岩、变质岩、页岩储集层已获油气突破；⑨盆地斜坡中心负向构造单元以储集水为主，少有油气分布，而负向构造单元已发现了规模油气；⑩油气成藏指标存在严格的上下限标准，而非常规油气形成聚集没有严格的上下限。只有突破认识误区，才能发现找油新区。

石油地质研究 6 个新趋向

随着石油工业的发展，油气地质基础研究呈现新趋向：①生烃评价研究从生烃高峰期，向生烃全过程扩展；②储集层目标研究从发现微米至毫

米孔喉的优良储集层，向纳米孔喉的储集层扩展；③油气成因机制研究从具有碳酸盐岩缝洞储集层的“管流”聚集、微米至毫米孔喉储集层的“渗流”运聚，延伸到致密条件的纳米级孔喉储层的“滞留”储集；④油气运移动力研究从浮力驱动，向压差驱动、扩散等多类型动力方式扩展；⑤油气聚集研究从圈闭、连续或准连续分布的大油气区或层系，向揭示常规-非常规不同类型油气资源空间的共生分布扩展；⑥资源分布研究从远景与地质资源量评价，向技术可采资源量与经济可采资源量空间预测转变。

石油科技革命标志

石油工业正从常规油气向非常规油气跨越，引发了一场重大石油科技革命，使其不断突破储层物性下限，不断突破油气聚集深度上限，不断突破油气采收率极限。石油科技革命有3个显著标志：一是理论的颠覆性，二是技术的突破性，三是生产的工业性。勘探开发非常规油气是，从常规寻找圈闭，向寻找大面积储集层转变，颠覆了传统圈闭油气成藏理论；从常规直井开发，向水平井规模压裂转变，突破了直井传统的开采方法；从常规单井开采，向平台式多井“工厂化”开采转变，打破了一个井场单井开采模式。新的科技革命引领了非常规油气工业化生产，推动世界石油工业理论技术的整体升级换代。

石油科技革命成果

石油工业史是科技发展史，油气地质理论技术创新，为世界经济持续发展提供了不竭的动力。从常规向非常规油气跨越的石油科技革命，主要形成两大地质理论和四大核心技术，即常规油气圈闭成藏理论、非常规油气连续型聚集理论，常规油气直井钻探技术、常规油气地震预测技术、非常规油气水平井规模压裂技术、纳米提高油气采收率技术。理论技术推动石油工业不断向前发展，2011年全球油气产量达到 70×10^8 t油当量。科技推动油气资源的有效利用，满足了人类社会对油气的需求。

油气资源类型划分

以传统圈闭为依据，油气资源可分为构造、岩性地层与复合油气藏。

依地质、技术和经济等因素，油气资源可分为常规与非常规两种类型，彼此有因果联系、空间共生。常规油气资源主要包括单体型构造、集群型岩性与地层油气藏，非常规油气资源主要包括准连续型碳酸盐岩与火山岩储层油气、连续型致密油气和页岩油气。随着全球油气工业的发展，地域由陆地向深水区、深度由中浅层向深层和超深层、资源由常规向非常规油气快速延伸，大于3000m海洋超深水等新区、超过6000m陆地超深层等新层系、小于1000nm孔隙超致密等新类型，将成为石油工业发展具有战略性的“三新”领域。

非常规与常规油气内涵

非常规油气是指用传统技术无法获得自然工业产量、需用新技术改善储层渗透率或流体黏度等才能经济开采、连续或准连续型聚集的油气资源。非常规油气有2个关键标志：①油气大面积连续分布，圈闭界限不明显；②无自然工业稳定产量，达西渗流不明显。主要地质特征表现为源储共生，盆地斜坡中心大面积分布，圈闭界限与水动力效应不显著，主要采用水平井规模压裂、平台式“工厂化”生产、纳米技术提高采收率等方式开采；基本类型有页岩油和气、煤层气、致密油和气、重油和沥青等。常规油气是指现有技术能获得自然工业产量的圈闭型油气资源，主要地质特征是储层物性好，源储分离，圈闭界限与水动力效应明显，具有统一油、气、水界面，一般位于正向构造单元，呈单体型或集群型分布，通常采用直井、地震等传统技术方法勘探和开采，主要类型有构造、岩性、地层油气藏。

非常规与常规油气区别

非常规资源是地层中固结的油气，常规资源是圈闭里可流动的油气。含油气盆地中非常规油气资源普遍分布，圈闭中聚集的常规油气资源是其中富集的“甜点”，分布局限。非常规油气聚集与常规油气藏的本质区别：油气是否明显受圈闭控制，单井是否有自然工业产量。非常规油气研究的灵魂是回答储层有多少油气，勘探的目标是突破“甜点区”、确立连续型或准连续型油气区边界，开发的追求是初期高产与长期累产，工作的关键是编制出成熟烃源岩厚度平面分布图、储层厚度平面分布图、储层顶面构造图和核心区评价表的“三图一表”。随着技术方法的进步，可以推动非常规资源向常规资源转化。常规油气研究的灵魂是回答圈闭是否成藏，勘

探的目标是寻找含油气圈闭的边界，开发的追求是油气藏长期高产和稳产，工作的关键是编制圈闭平面分布图、油气藏剖面图和圈闭要素表的“两图一表”。

非常规与常规油气资源 8:2

非常规油气资源一般占 80%，常规油气占 20%。统计表明，全球非常规石油资源规模大约 $6200 \times 10^8 \text{t}$ ，与常规石油资源大致相当；全球非常规天然气资源规模大约 $4000 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，是常规天然气资源的 8 倍。中国非常规石油资源规模大约 $240 \times 10^8 \text{t}$ ，与常规石油资源大致相当；中国非常规天然气资源规模大约 $100 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，是常规天然气资源的 5 倍。全球非常规油气已实现重大突破，油砂油、重油、致密气、煤层气等成为非常规油气发展的重点领域，页岩气成为非常规天然气发展的热点方向，致密油成为非常规石油发展的亮点类型。非常规油气已成为全球油气供应的重要组成部分，2010 年非常规石油产量已占全球石油总产量的 3%，非常规天然气产量已占全球天然气总产量的 10% 以上，预测 2030 年全球非常规油气产量将占全部油气产量的 20% 以上。

常规 - 非常规油气“有序聚集”

常规 - 非常规油气“有序聚集”，是指富油气盆地或凹陷内常规与非常规油气在时间域持续充注、空间域有序分布，二者成因有先后、相互依存、紧密共生，形成统一的油气聚集体系。该体系揭示出不同类型油气资源“有序聚集”的规律，展示出富油气盆地或凹陷内常规与非常规油气资源应“同步研究、同步部署、同步勘探”，可采用多井平台“同步开采”模式对不同层系、不同类型油气“整体规划、整体建设、整体开发”，加快勘探开发节奏，提高资源开发利用效率和经济效益。据此规律可透视不同类型油气在空间上的分布位置，一般地，发现了常规油气，预示着供烃方向可能有非常规油气分布；发现了非常规油气，预示着外围空间可能有常规油气伴生。平面上，一般盆地边缘或斜坡分布有常规构造油气藏和岩性地层油气藏，凹陷或沉积中心聚集有非常规致密油气和页岩油气等；纵向上，从浅到深分布有远源的常规油气藏、近源的致密油气、源内的页岩油气等。以往不同阶段找油气思路有差异，一般早中期立足常规油气资源，用“源控论”寻找大型构造油气藏，用“复式油气聚集带”或“大

油气区”理论寻找构造与岩性地层油气藏集群；中后期立足非常规油气资源，用“连续型油气聚集”认识，寻找近源致密油气或源内页岩油气。而常规-非常规油气“有序聚集”体系认识突破了传统找油气思路，推动找油气地质理论从“找点”、“找带”、“找面”向“找体”跨越，打破了先找常规后找非常规的“先富后贫”的找油思路。对待常规与非常规油气，勘探追求“一网打尽”，开发追求“吃干榨尽”。

纳米级孔喉系统储层

通常非常规储层以纳米级孔喉系统为主，局部发育毫米级至微米级孔隙。纳米级孔喉系统储层主体孔径为 50 ~ 500nm，其中页岩气储层孔径为 5 ~ 200nm，页岩油储层孔径为 30 ~ 400nm，致密灰岩油储层孔径为 40 ~ 500nm，致密砂岩油储层孔径为 50 ~ 900nm，致密砂岩气储层孔径为 40 ~ 700nm。在纳米级孔喉中流体与周围介质之间，存在较大黏滞力和分子作用力，油气以吸附状态吸附于矿物和干酪根表面，或以扩散状态吸附于固体有机质内部，运移受控于油气滑移和表面相互作用力，形成“滞留”，不服从达西渗流规律，压差与扩散等是油气运聚的主要动力，一般可用孔隙“连通率”来表征流动能力。纳米级孔喉系统，增加了致密储层的储集空间与渗透能力，是非常规油气长期低产稳产的决定要素。

连续型油气聚集 10 大特征

连续型油气聚集是非常规油气的主要聚集模式，与常规圈闭成藏有明显差异，具有 10 大特征与 2 项关键标志。10 大特征是：①分布在盆地斜坡中心，大面积“连续”分布，局部富集；②主要发育大规模纳米级孔喉系统储层；③源储共生，持续生聚；④无明显界限的非闭合圈闭；⑤初次运移或短距离二次运移；⑥主要靠压差和扩散聚集，浮力作用受限；⑦以非达西渗流为主；⑧流体分异差，无统一流体界面与压力系统，饱和度差异大，油气水易共存；⑨资源丰度较低，储量按井控区块计算；⑩开采工艺特殊，需针对性技术。2 项关键标志是：①大面积储层普遍含油气；②浮力不是油气主要的聚集动力。

页岩系统油气聚集

油气分布按照源储关系可为源储分离型、源储接触型和源储一体型。

常规圈闭油气主要是源储分离型，非常规致密油气主要是源储接触型，页岩油气、煤层气是源储一体型。油气勘探，已从外形找油，转向成因；从远源，向近源和源内的页岩系统延伸，页岩系统内的页岩油气、致密油气已成为找油的重点层系和方向，在勘探开发过程中可作为一套目的层系整体部署。页岩系统油气强调源内或源储紧密接触储层中的油气聚集，主要类型有源内的页岩油和页岩气，以及与源岩直接接触的致密油和致密气，源储共生、连续或准连续型分布，地质风险较小，开采需要水平井体积压裂等关键技术的规模化应用。

页岩油愿景

页岩油是指赋存于富有机质纳米级孔喉页岩地层中的石油。石油基本未经历运移、原位滞留。页岩既是生油岩，又是储集岩。与经过短距离运移的致密砂岩油和致密灰岩油不同，页岩油一般在盆地中心大面积连续分布，整体含油，资源规模大。目前，黑色页岩地层中基质孔隙尚未获页岩油工业化生产。中国发育陆相富有机质页岩，已发现有页岩纳米级孔喉系统和裂缝页岩油。水平井体积压裂、改造“天然裂缝”、注粗颗粒“人造储层”、注气形成高气油比、纳米油气技术提高采收率等可能是页岩油工业化发展的核心技术。北美海相页岩气突破技术的路线和成功经验，为我国陆相页岩油工业化突破提供了可能。

非常规油气 3 大科技创新

新世纪的非常规油气获战略突破，主要有 3 大标志性科技创新：①纳米级孔喉系统储层“连续型”油气聚集的地质理论创新，发现了纳米级孔喉储集空间，突破了致密储层和页岩地层储集能力差的传统理论；②水平井规模压裂“人造渗透率”的核心技术创新，应用长井段水平井体积压裂技术最大限度地形成油气渗流空间，突破了直井近井筒油气小面积渗流差的传统技术；③平台式多井“工厂化”的开采模式创新，在一个井场开展数十口井同步作业，节约了土地，降低了成本，突破了一个井场单井开采效益差的传统模式。传统理论、传统技术与传统模式的重大突破，推动非常规油气成为战略接替领域。

非常规油气突破启示

非常规油气突破带来 3 项重要启示：①超前选准 10 ~ 20 年后可能形成工业化生产的油气领域，坚持不懈基础理论研究攻关和科技稳定投入，是非常规油气突破的前提；②超前选准关键技术，坚持不懈技术创新、低成本工业化试验，推动非常规油气形成工业化发展；③高油价背景、市场竞争机制、政策扶持、完善的地面设施等，使非常规油气得以经济有效地规模开采。如富有机质页岩油可能是未来油气的重大接替领域，需要加强黑色页岩纳米级孔喉空间、石油聚集量、预测技术与开采方法等长期准备，有望获得工业化生产。

非常规油气突破意义

非常规油气突破具有 3 大战略意义：一是延长了石油工业的生命周期，突破了传统资源禁区 and 成藏理论，增加了资源类型与资源量；二是引发了油气科技革命，推动了整个石油工业理论技术的升级换代；三是改变了全球传统能源格局，形成了以中东为核心的东半球“常规油气版图”，以美洲为核心的西半球“非常规油气版图”，影响了世界发展秩序。美国主要依靠非常规油气推动“能源独立”战略的实施，真正实现了“能源安全”，深远地影响了世界大国在政治、经济、军事等领域进行战略调整和新布局。

非常规油气未来技术

未来需大力发展非常规油气“杀手锏”技术，如高分辨率地震、水平井规模压裂、纳米油气等，纳米油气技术可能是未来的重要方向。伴随全球新科技革命浪潮的来临，生命科技、信息科技与纳米科技等交叉融合成为未来科技发展的主体，石油工业将进入纳米科技时代，形成的关键技术有：①纳米油气透视观测镜，基于纳米 CT 重构三维储层模型、三维地震透视等；②纳米油气驱替剂，最大限度地提高油气采收率；③纳米油气开采机器人，应用于油气勘探开发的关键过程；④纳米材料，将广泛应用于石油工业整个系统中。纳米、信息等技术将成为石油工业新的核心技术，油气智能化时代可能随之到来。

中国非常规油气现状

2010年可称作中国石油工业正式开启的“非常规油气元年”。2009年连续型聚集理论在中国得到发展，2010年中国海相页岩气获发现、致密油气成为非常规油气的新亮点，2011年中国颁布了致密气行业标准，至此中国油气工业进入了常规与非常规并重发展的“黄金”时代。与煤系伴生的致密气已成为增储上产的重要领域，2011年中国致密气产量已达 $256 \times 10^8 \text{m}^3$ ，约占全国天然气总产量的1/4。与湖相生油岩共生的致密油，在鄂尔多斯三叠系长7段等获重大突破，形成 $(5 \sim 10) \times 10^8 \text{t}$ 级大型致密油区。煤层气方面，建成沁水盆地南部、鄂尔多斯盆地东缘两个地面煤层气生产基地，2011年中国地面煤层气产量达 $23 \times 10^8 \text{m}^3$ 。在四川盆地南部发现了下古生界海相页岩气核心区，2010年蜀南地区威201直井在志留系龙马溪组获日产大于 $1 \times 10^4 \text{m}^3$ 的页岩气（本书封面是中国第一口页岩气发现井的有机质纳米孔图，孔径 $100 \sim 200 \text{nm}$ ），2011年宁201-H1水平井在志留系龙马溪组获日产 $15 \times 10^4 \text{m}^3$ 的页岩气。2011年我国油页岩油地面干馏年产达 $65 \times 10^4 \text{t}$ ，天然气水合物、页岩油等理论技术攻关也取得了重要进展。

中国非常规油气未来3层次

我国油气勘探进入“3个高峰期”，即以常规油气为重点的储量增长高峰期、以常规与非常规油气并重的重大发现高峰期、以非常规油气为亮点的科技创新高峰期。非常规油气资源潜力远超常规油气资源，将在未来中国油气工业发展中占有重要的战略地位。应立足常规油气领域实现增储上产，突破非常规油气领域形成战略接替。中国非常规油气发展可分3个层次：第一要加快致密储层油和气的工业化速度，增加储产量；第二要加大页岩气、煤层气、油页岩油工业化试验区建设，尽快实现大规模工业化经济性开采；第三要加强页岩油、水合物等基础理论研究与技术探索，力争形成接替资源。

第二版新增内容

本书相比第一版内容，力争更系统、更科学，突出了教材的功能。全

书新增“纳米级孔喉储集层”、“油页岩”、“非常规油气评价方法与技术”3章内容,相关章节新增“页岩油”等内容,并对第一章和第二章等各节进行了重大修改。全书努力纳入非常规油气发展的最新成果,力求完整性和系统性。

本书出版目的

为推动非常规油气工业发展,普及和推广相关理论、技术和方法,作者在系统调研国内外非常规油气理论技术与勘探开发新进展的基础上,重点结合近年来国家和中国石油岩性地层油气藏项目主要研究成果,以及本书相关作者研究的新认识,在第一版的基础上,编写出版《非常规油气地质》第二版,供相关院校作为教材使用,也可供科研院所、石油公司等相关研究人员参考。

本书主要作者

本书共13章。“导言”由邹才能编写;第一章“绪论”由邹才能、陶士振、张国生、袁选俊、董大忠、胡素云、李建忠、李小地、杨智、张昌民、柳广第、林承焰等编写;第二章“非常规油气地质基础”由邹才能、陶士振、袁选俊、杨智、张国生、吴松涛、高晓辉、查明、朱筱敏、赵靖舟、蒋裕强、孟元林等编写;第三章“纳米级孔喉储集层”由邹才能、朱如凯、吴松涛、白斌、杨智等编写;第四章“致密油气”由邹才能、朱如凯、侯连华、杨华、徐春春、白斌、吴松涛、杨智、王岚、杨涛、贾进华、张响响、苏玲、庞正炼等编写;第五章“页岩油气”由邹才能、董大忠、杨智、廖仕孟、王社教、李新景、王玉满、李登华、黄金亮、林森虎、崔景伟、黄凌等编写;第六章“煤层气”由宋岩、柳少波、洪峰、姜林、马行陟等编写;第七章“碳酸盐岩缝洞油气”由邹才能、朱如凯、汪泽成、陶小晚、王招明、李伟、朱光有、杨海军、邬光辉、唐俊伟等编写;第八章“火山岩储层油气”由邹才能、侯连华、朱如凯、张光亚、冯志强、匡立春、赵志魁、梁世君、王玉华、杨春、毛治国、赵霞、罗霞等编写;第九章“变质岩储层油气”由邹才能、侯连华、孟卫工、杨帆、杨春等编写;第十章“重油沥青”由牛嘉玉、蒋凌志等编写;第十一章“油页岩”由吴晓智、王红岩、刘人和、郭巍等编写;第十二章“天然气水合物”由邹才能、陶士振、杨智等编写;第十三章“非常规油气评

价方法与技术”由邹才能、郭秋麟、张国生、张颖、侯连华、梁坤等编写。本书最后由邹才能、陶士振、张国生、侯连华、朱如凯、袁选俊、董大忠统编和修改。

致谢

本书编写过程中，得到了中国石油总部、中国石油勘探开发研究院、相关油气田公司及石油院校等单位领导、院士、专家的大力支持与帮助，在此一并表示诚挚的谢忱。由于时间紧迫和作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，以期在下一次再版时修正！

作者
2013年1月

目 录

导 言

第一章 绪论	(1)
第一节 石油地质学发展	(2)
第二节 全球油气发展形势	(15)
第三节 非常规油气战略地位	(22)
参考文献	(32)
第二章 非常规油气地质基础	(37)
第一节 非常规油气概念与类型	(37)
第二节 连续型油气聚集	(52)
第三节 非常规油气分布	(63)
第四节 非常规与常规油气勘探开发工作的区别	(67)
参考文献	(70)
第三章 纳米级孔喉储集层	(73)
第一节 纳米级孔喉与纳米油气	(73)
第二节 纳米级孔喉观测技术	(77)
第三节 不同岩石类型纳米级孔喉特征	(85)
参考文献	(91)
第四章 致密油气	(93)
第一节 概述	(93)
第二节 致密储层	(94)
第三节 致密砂岩气	(103)
第四节 致密油	(107)
第五节 典型实例	(114)
参考文献	(125)
第五章 页岩油气	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 页岩成因与地化特征	(129)
第三节 页岩储层特征	(137)
第四节 页岩气特征	(142)
第五节 页岩油特征	(149)
第六节 页岩气关键技术	(155)
第七节 典型实例	(159)
参考文献	(167)
第六章 煤层气	(169)
第一节 概述	(169)

第二节	煤层气地质特征	(170)
第三节	煤层气开发关键技术	(181)
第四节	典型实例	(184)
参考文献	.....	(190)
第七章	碳酸盐岩缝洞油气	(192)
第一节	碳酸盐岩缝洞储层	(192)
第二节	缝洞系统与单元	(196)
第三节	缝洞油气运聚系统	(200)
第四节	缝洞油气形成与分布	(203)
第五节	勘探开发关键技术	(210)
第六节	典型实例	(213)
参考文献	.....	(219)
第八章	火山岩储层油气	(221)
第一节	概述	(221)
第二节	火山岩类型与构造环境	(224)
第三节	火山岩储层形成与分布	(228)
第四节	火山岩储层油气形成与分布	(236)
第五节	火山岩储层油气地球物理评价预测技术	(245)
第六节	典型实例	(249)
参考文献	.....	(255)
第九章	变质岩储层油气	(257)
第一节	概述	(257)
第二节	变质岩类型及其地质条件	(258)
第三节	变质岩储层形成及预测	(262)
第四节	变质岩储层油气形成与分布	(272)
第五节	典型实例	(277)
参考文献	.....	(282)
第十章	重油沥青	(283)
第一节	概述	(283)
第二节	重油沥青的物理化学性质	(286)
第三节	重油沥青的形成与分布	(289)
第四节	重油沥青开采技术	(295)
第五节	典型实例	(297)
参考文献	.....	(305)
第十一章	油页岩	(306)
第一节	概述	(306)
第二节	油页岩特征	(308)
第三节	油页岩利用关键技术	(313)
第四节	典型实例	(321)
参考文献	.....	(325)
第十二章	天然气水合物	(327)
第一节	概述	(327)
第二节	天然气水合物的概念及特征	(330)

第三节	天然气水合物形成的地质条件	(333)
第四节	天然气水合物评价与开发技术	(338)
参考文献	.....	(341)
第十三章	非常规油气评价方法与技术	(343)
第一节	非常规油气资源评价方法	(343)
第二节	地震叠前储层预测技术	(351)
第三节	钻完井技术	(360)
第四节	非常规油气技术方法发展趋势	(369)
参考文献	.....	(372)