

Geology and Exploration of Onshore Gas in China

中国大陆上天然气地质与勘探

魏国齐 李 剑 杨 威 张水昌 等◎著



科学出版社

Geology and Exploration of Onshore Gas in China

中国陆上天然气地质与勘探

魏国齐 李 剑 杨 威 张水昌 等◎著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为国家科技重大专项“中国大型气田形成条件、富集规律及目标评价”项目研究成果，由四篇组成：第一篇为天然气基础地质理论研究新进展，第二篇为大型气田成藏富集规律，第三篇为重点气区大型气田勘探领域，第四篇为大型气田勘探技术。

本书可供国家天然气发展战略规划制定者使用，也可供从事石油、天然气勘探开发科研人员阅读，还可供高等院校石油地质、地球物理勘探开发专业研究与教学的师生等阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国陆上天然气地质与勘探/魏国齐等著. —北京：科学出版社，2013

ISBN 978-7-03-039470-5

I. 中… II. 魏… III. 石油天然气地质-地质勘探-中国 VI. P618.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第312699号

责任编辑：杨婵娟 卜 新 / 责任校对：韩 杨

责任印制：张 倩 / 封面设计：无极书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年2月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2015年12月第二次印刷 印张：34 1/2

字数：818 000

定价：248.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

近 30 多年来中国天然气地质和地球化学理论不断发展和日臻完善,是研究黄金时期,其主要标志之一是 1979 年创立煤系成烃以气为主以油为辅的煤成气理论;标志之二是大气田形成主控因素和富集规律研究有效指导大气田发现。实践是检验理论的唯一标准。煤成气理论形成之前,中国是个贫气国,1978 年中国探明天然气储量、产量分别为 $2264 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $137.3 \times 10^8 \text{m}^3$,而当年煤成气储量和产量分别只占全国的 9% 和 2.5%;而 2013 年底全国天然气储量、产量分别为 $9.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ 和 $1078.7 \times 10^8 \text{m}^3$,而煤成气储量和产量比例大大提高至 65.3% 和 61.2%,中国成为世界第六产气大国。1987 年之前中国仅发现卧龙河和威远二个大气田,但 1987 年至 2013 年则发现了 49 个大气田,这些大气田成为中国天然气工业迅速发展的支柱,2013 年大气田总储量为 $8.17 \times 10^{12} \text{m}^3$,年总产量为 $922.72 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占全国总储量和年产量的 83.4% 和 85.5%。

近 30 多年来也是中国天然气工业,从艰难起步而进入迅速发展的黄金时期,其主要标志之一,探明天然气储量陡增。“六五”是中国开始第一个国家重点天然气科技攻关“煤成气的开发研究”项目,“六五”末的 1985 年中国天然气探明总储量为 $3962.6 \times 10^8 \text{m}^3$,而至 2013 年底则高达 $98\,006 \times 10^8 \text{m}^3$,此间增加了 23.7 倍;标志之二,年产天然气猛升。1985 年中国产气 $128.3 \times 10^8 \text{m}^3$,而至 2013 年则高达 $1078.7 \times 10^8 \text{m}^3$,此间增长了 7.4 倍。

中国天然气地质和地球化学研究黄金期和天然气工业迅速发展的黄金期在时间上几乎重叠,说明中国天然气理论研究与勘探开发实践有着紧密联系,互相推进的特点。这两个黄金期产生和“六五”国家开始天然气科技攻关,及之后连续长期至“十二五”国家和中国石油天然气科技攻关研究功不可没。《中国陆上天然气地质与勘探》主要作者大多参加了“八五”至“十二五”,特别是主持了“十五”至“十二五”天然气攻关研究,对天然气两个黄金期形成和发展作出重要贡献。该专著是“十一五”以来中国陆上天然气攻关研究的精华凝结,涵论了以下主要问题:

天然气生成方面:在煤成气、原油裂解气和生物气的生成下限研究上,有新参数、新思维、新论点,拓展了高演化地区煤系天然气、原油裂解天然气的勘探潜力和生物气的勘探空间。

天然气封盖层方面:提出了大型气田盖层多因素综合评价新方法,建立了不同类型气田盖层定量评价参数体系,使盖层评价走向了量化。

大气田成藏富集规律方面:针对古老碳酸盐岩、台缘礁滩和火山岩等勘探领域开展了系统研究,取得了一系列创新性认识和重要进展;提出近源大面积低渗砂岩运聚系数可达 3%~5%,在生气强

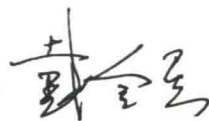
度大于 $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 区域可以形成致密砂岩大气田认识；创新了大型长期继承性古隆起原油裂解原位成藏的古老碳酸盐岩大气田成藏地质认识，有效指导了大气田勘探领域的拓展。

天然气地球物理和实验技术方面：开发了以连续无损耗天然气生成模拟技术、天然气中非烃气体 (H_2S 、 CO_2 、 N_2) 的硫、氧、氮同位素在线分析技术为代表的天然气地质特色实验系列新技术，以及建立了低渗砂岩、碳酸盐岩缝洞、礁滩以及疏松砂岩等地球物理评价与预测技术，有效支持了相关天然气的理论创新与勘探实践。

天然气勘探实践方面：长期深入研究了四川盆地高石梯 - 磨溪长期继承性古隆起构造，自主评价了以高石 1 井为代表的风险勘探目标，为我国最大碳酸盐岩气田龙王庙气藏的发现发挥了重要作用，成为研究和实践紧密结合而取得硕果的典范。

总之，本书是近年来中国陆上天然气地质理论、勘探技术和勘探实践攻关研究最新进展，创新论点聚萃的好专著，丰富和发展了我国天然气地质理论；是以魏国齐教授为代表的既扎根于现场实践，又立足精心研究的一批优秀中青年天然气科技学者智慧的结晶。专著是我国天然气两个黄金期中培育的艳硕花朵，她的怒放和问世是可喜可贺的，值得大家一读并能受益匪浅！

中国科学院院士



2014 年 1 月 16 日

进入新世纪,我国天然气储量和产量快速增长,天然气工业进入了崭新的发展阶段。截至2013年底,全国累计探明天然气地质储量达到了 $9.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,年产量超过 $1078.7 \times 10^8 \text{m}^3$,其中中国石油天然气集团公司累计探明地质储量达到了 $7.0 \times 10^{12} \text{m}^3$,年产量超过 $817.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。这主要得益于国家和石油部门自“六五”以来长期的天然气科技攻关,得益于天然气地质理论与勘探技术的不断进步,也凝聚了一代又一代天然气地质科技和勘探工作者的艰苦付出。以魏国齐教授为代表的中青年天然气科技攻关研究团队大多参加了“八五”~“十二五”天然气科技攻关,特别是主持了“十五”~“十二五”的国家和中国石油天然气集团公司天然气科技攻关研究,他们在老一辈科学家、勘探家取得的丰硕成果的基础上,针对我国陆上天然气地质特点和以往研究存在的问题展开研究,在发展我国天然气地质理论和指导勘探实践中取得了可喜的成果。该书主要是攻关团队“十一五”期间研究成果的集中体现。

(1)发展和完善了我国天然气基础地质理论。利用新开发的天然气地质实验技术,在天然气生成下限、天然气聚集效率、大型气田成藏富集规律等方面解决了一些重要的理论问题。例如,明确了煤成气、原油裂解气、生物气生成下限;突破了前人认识,认为近源大面积低渗砂岩运聚系数可高达3%~5%,在生气强度大于 $10 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 区域可以形成大型气田等,拓展了大型气田的勘探领域与范围。

(2)建立或发展了大面积低渗砂岩、古老碳酸盐岩、台缘礁滩和火山岩等天然气成藏理论。提出了源储交互叠置、孔缝网状输导、近源高效聚集和大面积成藏为要素的低渗砂岩和以大面积古老烃源岩、大面积古老丘滩岩溶储层、长期继承性大型古隆起、大型古油藏原油裂解为核心的古老碳酸盐岩等成藏新认识,对指导这些领域的天然气勘探发挥了重要作用。

(3)形成了一系列地球物理储层评价和预测技术。包括低渗砂岩地震储层预测与气层检测技术、碳酸盐岩缝洞精细雕刻预测技术、礁滩储层预测和气层检测技术,以及多系列、多参数天然气层测井定性识别技术等,为鄂尔多斯、四川、塔里木等盆地相关领域的勘探提供了技术支持。

(4)通过对四川、鄂尔多斯、塔里木、松辽等7个盆地天然气地质条件和成藏主控因素的深入研究,在古老碳酸盐岩、台缘礁滩、低渗砂岩和火山岩等勘探领域,优选了以四川盆地高石梯—磨溪长期继承性古隆起构造为代表的几十个有利勘探区带,自主评价了以高石1井为代表的多个风险勘探目标,为大气田的发现发挥了重要作用。

总之，该书集中反映了中国陆上天然气地质与勘探研究最新进展，丰富和发展了我国天然气地质理论。愿与该书作者共勉，不断推动我国天然气地质理论创新与技术进步，不断推动我国大型气田的发现，为我国天然气工业的快速发展做出更大的贡献。

中国科学院院士

李永造

2014年1月18日

前言

天然气作为清洁能源,越来越受到全球的重视。在中国,随着经济的快速发展和环保理念的提升,人们对天然气的需求急剧增加。大力发展天然气,已经成为我国能源发展的重要战略。伴随天然气地质理论的发展、技术的进步和大型天然气田的陆续发现与上产,截至2013年底,我国天然气累计探明地质储量已经达到 $9.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,年产量超过 $1078.7 \times 10^8 \text{m}^3$,跃居世界第六位,天然气勘探开发取得了飞跃式发展。同时,天然气消费量也在急剧上升,需求缺口逐年拉大。根据《能源中长期发展规划纲要(2004~2020年)》预计,到2020年,我国天然气消费量将超过 $3000 \times 10^8 \text{m}^3$,而国内产量届时只有 $2400 \times 10^8 \text{m}^3$,缺口仍然很大。因此,只有通过天然气地质理论和技术创新,加快勘探步伐,不断发现更多的大型天然气田,才能从根本上缓解供需矛盾。

中国天然气地质理论与勘探实践历程,可概括为三个发展阶段。第一阶段为天然气地质理论引进与萌生阶段(1949~1978年),通过引进和学习国外天然气地质理论和技术,并结合中国地质特点积极开展天然气勘探。当时学界认为只有海相和陆相的泥质岩与碳酸盐岩才能作为气源岩,天然气勘探以找寻油型气为主,且没有形成系统的天然气地质理论体系,天然气勘探受到很大制约,仅在四川盆地与渤海湾盆地等盆地取得了一些发现。至20世纪70年代末,天然气累计探明地质储量 $2460 \times 10^8 \text{m}^3$,年产量仅 $100 \times 10^8 \text{m}^3$,发展速度缓慢。第二阶段为煤成气理论发展阶段(1979~2000年),大致为“六五”到“九五”末。我国开始加强天然气地质科技攻关,天然气地质学、煤成气地质学等各种论著纷呈,以1979年戴金星院士“煤成气”理论的提出为标志,人们首次把煤系源岩作为天然气的重要来源,认为含煤盆地有利于形成大中型气田。该阶段陆续发现了克拉2、靖边、崖城13-1、磨溪等煤成气大型气田,天然气储量和产量逐年增大。至2000年底,天然气累计探明地质储量 $2.6 \times 10^{12} \text{m}^3$,年产量上升到 $191.6 \times 10^8 \text{m}^3$,从此拉开了中国天然气工业快速发展的序幕。第三阶段为多元天然气地质理论系统形成阶段(2001年至今)。中国具有小陆块拼合、多旋回演化、强烈陆内构造活动性等地质特点,决定了中国天然气地质具有天然气成因类型多、气藏类型丰富、成藏过程复杂、天然气勘探领域多样的特点。成因类型包括煤型气、油型气、原油裂解气、生物气、无机气等,储层类型包括常规砂岩、致密砂岩、碳酸盐岩岩溶、台缘礁滩、火山岩、变质岩、煤层、页岩等,气藏类型包括构造、构造岩性、岩性构造、地层岩性等,为多元天然气地质理论系统形成创造了条件。这一阶段,随着天然气地质实验技术的快速发展,人们对煤成气、原油裂解气、干酪根裂解气、生物气等生气机理有了深入认识,包括有机质“接力成气”、生气下限

大幅度下延等；对不同类型气藏、不同天然气勘探领域的成藏机理与富集规律形成了系统的认识；针对不同天然气勘探领域的特色地球物理技术得到了快速发展与应用。这期间发现了苏里格、乌审旗、普光、大北3、广安、合川、龙岗、克深2、塔中、克拉美丽、徐深等大型气田，有力地支持了天然气储量和产量的快速增长。2013年产量比2000年增加了 $887.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，有力推动了中国天然气工业的大发展。

《中国陆上天然气地质与勘探》的主要作者大多有幸参加了“八五”至“十二五”国家和中国石油天然气集团公司的天然气科技攻关研究，特别是主持了“十五”至“十二五”国家和中国石油天然气集团公司的天然气科技攻关研究，成为这期间天然气科技攻关研究的一支重要队伍，亲历了中国天然气地质理论与勘探实践的快速发展过程。本书主要反映了该团队在“十一五”期间天然气攻关的研究成果，汇集了中国陆上天然气地质、勘探技术与勘探实践等方面的最新研究成果。概括起来，主要体现在以下8个方面。

(1) 天然气生成方面：进一步明确了煤系烃源岩的生气下限、原油裂解生气的终止温度和生物气生成的温度下限，提出了煤和碳质泥岩在高演化阶段(R_o 为2.5%~5%)仍能大量生气、天然气生成量占总量的20%以上的新认识；通过生烃动力学模拟实验，发现原油在地温230℃时裂解终止，修正了前人普遍认为的原油在地温200℃时裂解终止的认识；将生物气的生成下限从原来的75℃下延到85℃，生物气生成的深度向下延伸了数百米。为深层天然气勘探提供了理论依据。

(2) 大气田储集机理方面：发现了高温、高压条件下砂岩快速溶蚀现象(模拟实验发现150℃之后，长石溶蚀速率增大2~3倍)，极大地改善了深部砂岩储层的储集性能，丰富了前人深部储层的快速埋藏、储层超压和构造裂缝等形成机理的认识，拓展了深层碎屑岩天然气勘探领域。通过水槽实验模拟了平缓构造背景、多物源和水体频繁振荡形成大面积砂体的沉积特征，为“敞流型”湖盆沉积模式的建立与有效砂体的预测提供了依据。

(3) 天然气封盖层方面：提出了考虑盖层有效厚度、排替压力、气藏压力系数及断层等因素的大气田盖层多因素综合定量评价新方法(CSI)，建立了不同类型气田盖层定量评价参数体系，确定了不同类型大气田的盖层参数下限，盖层评价逐步走向量化。应用多因素综合定量评价方法初步评价了超高压、火山岩、碳酸盐岩大型气田的封盖条件。

(4) 天然气聚集效率方面：通过刻度区解剖，近源运聚系数可达3%~5%，近源高效聚集的大面积低渗砂岩在生气强度大于 $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 区域可以形成大气田，突破了前人认为由于天然气易散失，运聚系数一般0.3%~1.0%，大气田主要分布在生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 区域的认识。拓展了大气田的勘探领域与范围，有效指导了源储一体大面积低渗砂岩的天然气勘探。

(5) 大气田成藏富集规律研究方面：提出了源储交互叠置、孔缝网状输导、近源高效聚集和大面积成藏为要素的低渗砂岩成藏新认识，提出了大面积古老烃源岩、大面积古老丘滩岩溶储层、长期继承性大型古隆起、大型古油藏原油裂解为核心的古老碳酸盐岩成藏理念，提出了基底大断裂控相带、台缘礁滩云化控储、源岩储层断裂共同控藏、沿台缘控源断裂找礁滩的成藏认识，提出了以



生烃断槽为基本单元的“断槽控源、相逢控储、断裂控藏、定槽选带”断陷盆地火山岩气田成藏与勘探新思路。发展了天然气成藏理论,有力支持了勘探方向的选择、风险井的突破和大气田的发现。

(6)天然气地质实验新技术方面:针对天然气成藏面临的问题,开发了连续无损耗天然气生成模拟,天然气成因鉴别与气源对比,高温、高压储层溶蚀,天然气成藏三维模拟和断裂对盖层破坏物理模拟等实验新技术。其中,天然气中非烃气体(H_2S 、 CO_2 、 N_2)的硫、氧、氮同位素在线分析技术填补了国内空白,在国际上处于领先地位。丰富和完善了天然气生成、资源潜力评价、气源对比和成藏示踪指标体系,并在鄂尔多斯盆地、四川盆地、塔里木盆地、松辽盆地等天然气成藏研究和大气田勘探中发挥了重要作用。

(7)天然气地球物理评价和预测技术方面:一是针对低渗砂岩成功研制出低孔渗人造砂岩,在国内首次模拟出第三类 AVO 效应,建立了岩石物理分析与正演模型,开发了地震储层预测与气层检测技术;二是针对碳酸盐岩缝洞型储层非均质性强、气水关系复杂的特点,建立了缝洞精细雕刻预测技术;三是针对碳酸盐岩礁滩,开发了礁滩储层预测和气层检测技术;四是针对疏松砂岩和低孔致密气层,自主研发了多系列、多参数天然气层测井定性识别技术。为鄂尔多斯盆地、四川盆地和塔里木盆地等相关领域的评价勘探提供了技术支持。

(8)勘探实践方面:通过对四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、松辽盆地等 7 个盆地天然气地质条件和成藏主控因素的深入研究,在古老碳酸盐岩岩溶、台缘礁滩、低渗砂岩和火山岩等勘探领域,优选了以四川盆地高石梯-磨溪长期继承性古隆起构造为代表的几十个有利勘探区带,自主评价了以高石 1 井为代表的多个风险勘探目标,指导了大气田的发现,同时为“十一五”期间新增天然气探明地质储量 $3.1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 及天然气产量的快速增长提供了有力的技术支持。

全书共四篇十八章。第一篇包括第一章到第三章,主要介绍天然气生成、天然气储层和天然气盖层等天然气基础地质理论方面的研究新进展,涉及煤成气、原油裂解气和生物气的生成下限,大气田优质储层形成机理和大气田盖层多因素综合定量评价新方法等。第二篇包括第四章到第八章,主要介绍不同类型、不同天然气勘探领域大气田成藏富集规律研究取得的新进展,涉及低渗砂岩、碳酸盐岩岩溶与台缘礁滩、火山岩、超高压和生物气大气田成藏主控因素与富集规律研究取得的新认识等。第三篇包括第九章到第十五章,主要介绍重点气区大气田勘探领域天然气地质条件、成藏主控因素与区带目标评价取得的新进展,主要涉及四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地、松辽盆地、柴达木盆地和渤海湾等盆地。第四篇包括第十六章到第十八章,主要介绍针对不同天然气勘探领域的地球物理评价技术和天然气地质实验特色技术研究取得的新进展,包括地震储层预测与烃类检测识别新技术、测井识别评价新技术和天然气成藏实验新技术及其在天然气勘探中的应用等。

本书由魏国齐教授确定框架与提纲,并组织编写,最后统稿、定稿。各章编写分工如下:前言,魏国齐、王东良、李君、张光武;第一章,张水昌、李剑、王东良、胡国艺、张敏、卢双舫、王飞宇、帅燕华、王义凤、何坤;第二章,杨威、刘锐娥、赵泽辉、胡明毅、谢武仁、施振生;第

三章,吕延防、谢增业、张莉、杨勉、张光武、史集建;第四章,魏国齐、李剑、谢增业、刘新社、张福东、赵靖舟、范立勇、李君;第五章,魏国齐、谢增业、杨威、张奇、王志宏、刘满仓、谢武仁、徐亮;第六章,焦贵浩、孙平、赵泽辉、罗霞、程宏岗;第七章,李剑、李贤庆、陈践发、邱楠生、杨文静、张光武、刘卫红;第八章,李剑、张水昌、张英、帅燕华、张林;第九章,魏国齐、张健、杨威、杨光、金惠、张奇、谢武仁、朱秋影;第十章,魏国齐、付金华、张福东、刘新社、刘锐娥、范立勇、张春林、胡爱平;第十一章,魏国齐、杨海军、冉启贵、肖中尧、张宝收、李德江;第十二章,王东良、林潼、孙平、莫午零;第十三章,焦贵浩、孙平、赵泽辉、江涛、宋立忠、王志宏、邵明礼、徐淑娟、曾富英、王晓波;第十四章,孙平、张福东、张林、郭泽清、田继先;第十五章,李剑、王东良、国建英、崔会英、王蓉;第十六章,欧阳永林、曾庆才、杨威、李琛、黄家强、狄邦让、潘仁芳、万忠宏、陈茂山、包世海、代春萌;第十七章,石强、杨威、王秀芹、刘凤新;第十八章,魏国齐、李剑、王东良、李志生、国建英、李谨、王晓波。

此外,张廷山、付广、彭德堂、孙广伯、黄光辉、田景春、王民、李正文、关辉、林世国、鞠秀娟、徐小林、王宗礼、王兴、姜仁、陈胜、孙永河、袁红旗、文龙、何绪全、石玉江、刘蜀敏、夏茂龙、孟培龙、吴长江、陈盛吉、李晶秋、王颖、肖玉峰、陈波、邵才瑞、范宜仁等许多人参加了本书的相关研究工作。

感谢国家发展和改革委员会、科技部、财政部对天然气地质科技攻关的大力支持;感谢中国石油天然气集团公司科技管理部、勘探与生产公司,国家油气重大专项实施办公室给予的大力支持、指导和帮助;感谢中国石油勘探开发研究院,中国石油长庆油田分公司、西南油气田分公司、塔里木油田分公司、吉林油田分公司、东方地球物理公司,中国石油大学(北京、华东),东北石油大学,长江大学,成都理工大学,西南石油大学,西安石油大学等单位的积极参与;感谢戴金星院士、胡见义院士、贾承造院士、王铁冠院士、高瑞祺教授、傅诚德教授、赵化昆教授、梁狄刚教授、宋建国教授、顾家裕教授、刘雯林教授、李明诚教授、钱凯教授等专家在研究过程中的悉心指导和帮助;感谢李东旭、侯艳红、王秀萍、杜秀平、苟川、冯艳、冯景改、李雪莹等同志在本书出版过程中所付出的艰辛劳动。

《中国陆上天然气地质与勘探》主要以“十一五”国家和中国石油天然气集团公司天然气科技攻关研究成果为基础,汇集了中国陆上天然气地质勘探理论的发展、勘探技术的创新和勘探实践的最新成果,是中青年天然气科技攻关研究团队集体智慧的结晶。可供天然气勘探工作者、科研院所研究人员和相关高校师生参考。由于中国陆上天然气地质条件复杂,涉及的资料多,研究内容广泛,加之作者水平有限,书中不妥或错漏之处,敬请批评、指正!

作者

2013年12月

序一	/ i
序二	/ iii
前言	/ v

第一篇 天然气基础地质理论研究新进展

第一章	天然气的生成下限	/003
	第一节 煤成气的生成下限	/003
	第二节 原油裂解气的生成下限	/014
	第三节 生物气的生成下限	/031
第二章	大型气田优质储层形成机理及应用	/052
	第一节 大面积低渗砂岩优质储层特征、主控因素及分布	/052
	第二节 台缘礁滩沉积模式、储层主控因素及新台缘带预测	/071
	第三节 火山岩优质储层特征、主控因素及分布	/082
第三章	大型气田盖层定量评价	/097
	第一节 天然气盖层综合定量评价方法	/097
	第二节 低渗砂岩大型气田盖层综合定量评价	/102

第三节	碳酸盐岩大型气田盖层综合定量评价	/106
第四节	火山岩大型气田盖层综合定量评价	/107
第五节	超高压大型气田盖层综合定量评价	/112

第二篇 大型气田成藏富集规律

第四章	低渗砂岩大型气田成藏主控因素与富集规律	/121
第一节	大面积低渗砂岩大型气田形成的关键地质要素	/121
第二节	大面积低渗砂岩气藏的运聚机制与成藏模式	/129
第三节	低渗砂岩大型气田成藏富集规律	/143
第五章	碳酸盐岩大型气田成藏主控因素与富集规律	/148
第一节	碳酸盐岩大型气田形成的地质条件	/148
第二节	碳酸盐岩气藏特征与成藏模式	/167
第三节	碳酸盐岩大型气田成藏富集规律	/186
第六章	火山岩大型气田成藏主控因素与富集规律	/195
第一节	断陷盆地火山岩大型气田形成的关键地质要素	/195
第二节	断陷盆地火山岩气藏类型与成藏模式	/201
第三节	断陷盆地火山岩大型气田成藏富集规律	/205
第七章	超高压大型气田成藏主控因素与富集规律	/209
第一节	超高压大型气田形成的关键地质要素	/209



	第二节 超高压形成机制与气藏成藏模式	/213
	第三节 超高压大型气田成藏富集规律	/217
第八章	生物气大型气田成藏主控因素与富集规律	/222
	第一节 生物气大型气田形成的关键地质要素	/222
	第二节 生物气藏的运聚机制与成藏模式	/229
	第三节 生物气大型气田成藏富集规律	/232
	第三篇 重点气区大型气田勘探领域	
第九章	四川盆地大型气田勘探领域	/237
	第一节 长兴组—飞仙关组礁滩大型气田勘探领域	/237
	第二节 须家河组低渗砂岩大型气田勘探领域	/245
	第三节 震旦系—下古生界大型气田勘探领域	/252
第十章	鄂尔多斯盆地大型气田勘探领域	/261
	第一节 上古生界低渗砂岩大型气田勘探领域	/262
	第二节 下古生界碳酸盐岩大型气田勘探领域	/270
第十一章	塔里木盆地大型气田勘探领域	/276
	第一节 库车前陆区大型气田勘探领域	/277
	第二节 塔中碳酸盐岩大型气田勘探领域	/285
	第三节 塔西南前陆区冲断带大型气田勘探领域	/291

	第四节 塔东地区下古生界碳酸盐岩勘探领域	/296
第十二章	准噶尔盆地大型气田勘探领域	/302
	第一节 陆东 - 五彩湾火山岩大型气田勘探领域	/303
	第二节 准噶尔盆地南缘大型气田勘探领域	/311
第十三章	松辽盆地大型气田勘探领域	/318
	第一节 深层火山岩大型气田勘探领域	/318
	第二节 深层砂砾岩勘探领域	/335
	第三节 浅层生物气勘探领域	/342
	第四节 基岩潜山勘探领域	/349
第十四章	柴达木盆地大型气田勘探领域	/357
	第一节 三湖第四系生物气大型气田勘探领域	/357
	第二节 柴西古近系、新近系油型气大型气田勘探领域	/362
	第三节 柴北缘侏罗系煤型气大型气田勘探领域	/367
第十五章	渤海湾盆地大型气田勘探领域	/372
	第一节 深层碎屑岩大型气田勘探领域	/374
	第二节 潜山大型气田勘探领域	/378



第四篇 大型气田勘探技术

第十六章	地震储层预测与烃类检测识别新技术及应用	/385
	第一节 岩石物理分析与正演模型研究	/385
	第二节 地震储层预测与识别技术	/411
	第三节 应用实例	/436
第十七章	复杂气藏测井识别、定量评价技术及应用	/448
	第一节 疏松砂岩气层测井识别评价技术	/448
	第二节 低孔致密气层测井识别评价技术	/464
第十八章	天然气成藏实验新技术与应用	/476
	第一节 天然气生成模拟实验新技术与应用	/476
	第二节 天然气气源对比实验新技术与应用	/481
	第三节 高温、高压储层溶蚀实验新技术与应用	/494
	第四节 天然气成藏实验新技术与应用	/497
	第五节 盖层分析评价的实验新技术与应用	/506
参考文献		/520

第一篇

天然气基础地质理论研究新进展

