

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国叠合盆地油气成藏研究丛书

A Series of
Study on Hydrocarbon Accumulation
in Chinese Superimposed Basins

丛书主编 / 庞雄奇

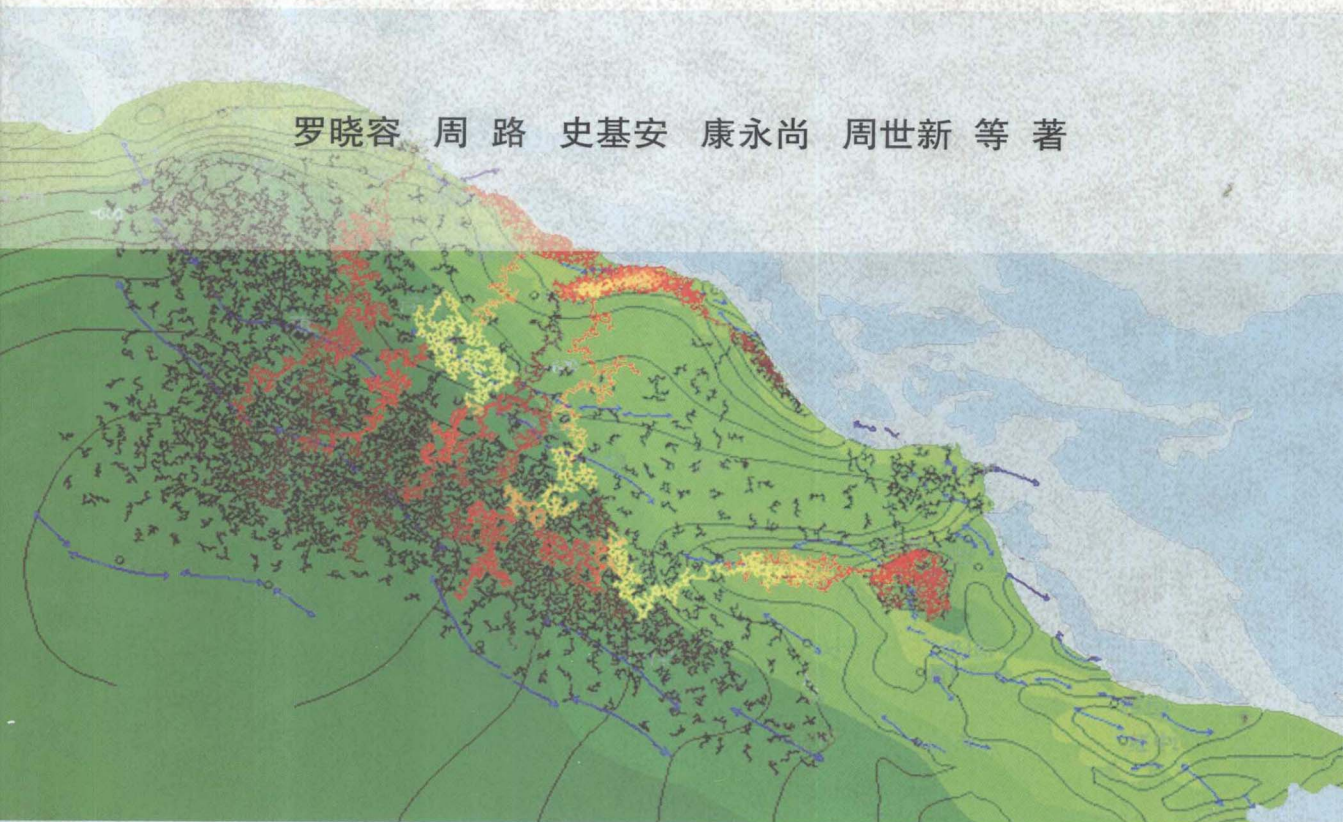


国家重点基础研究发展计划

中国西部典型叠合盆地油气成藏动力学研究

Dynamical Studies on Hydrocarbon Migration and Accumulation in Typical Superimposed Basins in Northwestern China

罗晓容 周路 史基安 康永尚 周世新 等著



 科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目



中国叠合盆地油气成藏研究丛书

A Series of
Study on Hydrocarbon Accumulation
in Chinese Superimposed Basins

丛书主编 / 庞雄奇

中国西部典型叠合盆地油气成藏动力学研究

Dynamical Studies on Hydrocarbon Migration and Accumulation in Typical Superimposed Basins in Northwestern China

罗晓容 周路 史基安 康永尚 周世新 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以我国西部叠合盆地为研究区,深入研究不同类型输导体的输导特征,探讨输导体模型建立及输导性能量化表征的方法。作者认为,对于油气运移输导体的研究应该限于时空范围确定的油气成藏系统内,关注输导体内各个组成部分的连通性关系,采用常用的物性参数来量化表征输导性能,以便将不同类型的输导体组合在一起,构成油气成藏系统内完整的输导格架。最后以准噶尔盆地腹部和塔里木盆地塔中地区为解剖实例,建立输导体量化表征的模型,对油气成藏过程进行了系统的动力学分析。

本书可供大学、科研院所、石油公司研究机构科研人员参考,也可作为研究生的教材参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部典型叠合盆地油气成藏动力学研究/Dynamical Studies on Hydrocarbon Migration and Accumulation in Typical Superimposed Basins in Northwestern China/罗晓容等著. —北京:科学出版社,2014.6

(中国叠合盆地油气成藏研究丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-040868-6

I. ①中… II. ①罗… III. ①塔里木盆地-叠合-含油气盆地-油气藏-动力学-研究 ②准噶尔盆地-叠合-含油气盆地-油气藏-动力学-研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 118297 号

责任编辑:吴凡洁 刘翠娜 / 责任校对:胡小洁
责任印制:阎 磊 / 封面设计:王 浩

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 6 月第一次印刷 印张:19 3/4

字数:442 000

定价:138.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》 学术指导委员会

名誉主任:邱中建 刘光鼎 王 涛

主任:贾承造 王铁冠 张一伟

委员:(以下按姓氏拼音排序)

贝 丰	柴育成	陈新发	常 旭	陈 伟	戴金星	方朝亮	冯志强
傅承德	高瑞祺	龚再升	关德范	郝 芳	胡见义	康玉柱	金之钧
李 阳	刘池阳	刘可禹	黎茂稳	李思田	罗治斌	马永生	马宗晋
毛宗强	彭平安	彭苏萍	宋 岩	孙龙德	汪集旸	王清晨	袁士义
张大伟	张国伟	赵文智	朱日祥	朱伟林			

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》 编委会

主 编:庞雄奇

编 委:(以下按姓氏拼音排序)

鲍志东	蔡春芳	陈践发	陈建平	陈建强	董月霞	符力耘	何登发
黄捍东	黄志龙	纪友亮	贾希玉	姜振学	金振奎	康永尚	况 军
匡立春	雷德文	李丕龙	李启明	李素梅	李 勇	李 忠	林畅松
卢双舫	罗 平	罗晓容	漆家福	邱楠生	寿建峰	史基安	孙永革
孙赞东	王绪龙	王招明	夏庆龙	肖立志	肖中尧	谢会文	谢文彦
杨长春	杨海军	杨文静	于炳松	曾溅辉	张宝民	张年富	张善文
张水昌	张枝焕	赵俊猛	钟大康	钟宁宁	周世新	周新源	朱筱敏

丛书序一

油气藏是油气地质研究的对象，也是油气勘探寻找的最终目标。开展油气成藏研究对于认识油气分布规律和提高油气探明率，揭示油气富集机制和提高油气采收率，都具有十分重要的理论意义和现实价值。《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》是“九五”以来在国家 973 项目、中国三大石油公司研究项目及其相关油田研究项目等的联合资助下，经过近 20 年的努力取得的重大科技成果。

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》阐述了我国叠合盆地油气成藏研究相关领域的重要进展，其中包括：叠合盆地构造特征及其形成演化、地层分布发育与储层形成演化、古隆起变迁与隐蔽圈闭分布研究、油气生成及其演化、油气藏形成演化与分布预测、油气藏调整改造与剩余资源潜力、油气藏地球物理检测与含油气性评价、油气藏分布规律与勘探实践等。这些成果既涉及叠合盆地中浅部油气成藏，也涉及深部油气成藏，既涉及常规油气藏形成演化，也涉及非常规油气藏分布预测，它是由教育系统、科研院所、油田公司等相关单位近百位中青年学者和研究生联合完成的。研究过程得到了相关领导的大力支持和老一代专家学者的悉心指导，体现了产、学、研结合和老、中、青三代人的联合奋斗。

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》中一个具有代表性的成果是建立了油气门限控藏理论模型，突出了勘探关键问题，抓住了成藏主要矛盾，实现了油气分布定量预测。油气门限控藏研究，提出用运聚门限判别有效资源领域和测算资源量，避免了人为主观因素对资源量评价结果的影响，使半个多世纪以来国内外学者（如苏联学者维索茨基等）追求的用物质平衡原理评价资源量的科学思想得以实现；提出用分布门限定量评价有利成藏区带，用多要素控藏门限组合模拟油气成藏替代单要素分析油气成藏，用定量方法确定成藏“边界+范围+概率”替代用传统定性方法“分析成藏条件、研究成藏可能性、讨论成藏范围”；提出依富集门限定量评价有利目标含油气性，实现有利目标钻前地质评价，定量回答圈闭中有无油气以及油气多少等方面的问题，降低了决策风险，提高了成果质量，填补了国内外空白。

“十五”以来，中国三大石油公司应用油气门限控藏理论模型在国内外 20 多个盆地和地区应用，为这一期间我国油气储量快速增长提供了理论和技术支撑。仅在渤海海域盆地、辽河西部凹陷、济阳拗陷、柴达木盆地、南堡凹陷等五个重点测试区系统应用，即预测出 26 个潜在资源领域、300 多个成藏区带、500 多个有利目标，指导油田公司共计部署探井 776 口，发现三级储量 46.8 亿 t 油当量，取得了巨大的经济效益。教育部相关机构在 2010 年 8 月 28 日，组织了相关领域的院士和知名专家对相关理论成果进行了评审鉴定。大家一致认为，油气门限控藏研究创造性地从油气成藏临界地质条件控油

气作用出发,揭示和阐明了油气藏形成和富集规律,为复杂地质条件下的油气勘探提供了新的理论、方法和技术。

作为“中国叠合盆地油气成藏研究”的倡导者、见证者和某种意义上的参与者,我十分高兴地看到以庞雄奇教授为首席科学家的团队在近 20 多年来的快速成长和取得的一项又一项的创新成果。我们有充分的理由相信,随着 973 项目的研究深入和该套丛书的相继出版,“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果将为我国,乃至世界油气勘探事业的发展做出更大贡献。



中国科学院院士

2013 年 8 月 18 日

丛书序二

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》集中展示了中国学者近 20 年来在国家三轮 973 项目连续资助下取得的创新成果，这些成果完善和发展了中国叠合盆地油气地质与勘探理论，为复杂地质条件下的油气勘探提供了新的理论指导和方法技术支撑。相信出版这些成果将有力地推动我国叠合盆地的油气勘探。

“油气门限控藏”是“中国叠合盆地油气成藏研究”系列创新成果中的核心内容，它从油气运聚、分布和富集的临界地质条件出发，揭示和阐明了油气藏分布规律。在这一学术思想引导下，获得了一系列相关的创新成果，突出表现在以下四个方面。

一是提出了油气运聚门限联合控藏模式，建立了油气生排聚散平衡模型，研发了资源评价与预测新方法和新技术。基于大量的样品测试和物理模拟、数值模拟实验研究，发现油气在成藏过程中存在排运、聚集和工业规模三个临界地质条件，研究揭示了每一个油气门限及其联合控油气作用机制与损耗烃量变化特征；提出了三个油气门限的判别标准和四类损耗烃量计算模型，创建了新的油气生排聚散平衡模型和油气运聚地质门限控藏模式，已在全国新一轮油气资源评价中发挥了重要作用。

二是提出了油气分布门限组合控藏模式，研发了有利成藏区预测与评价新方法和新技术。基于两千多个油气藏剖析和上万个油气藏资料统计，研究发现油气分布的边界、范围和概率受六个既能客观描述又能定量表征的功能要素控制；揭示了每一功能要素的控藏临界条件与变化特征；阐明了源、储、盖、势等四大类控藏临界条件的时空组合决定着油气藏分布的边界、范围和概率；建立了不同类型油气藏要素组合控藏模式并研发了应用技术，实现了成藏过程研究与评价的模式化和定量化，提高了成藏目标预测的科学性和可靠性。

三是提出了油气富集临界条件复合控藏模式，研发了有利目标含油气性评价技术。基于上万个油气藏含油气性资料的统计分析和近千次物理模拟和数值模拟实验研究，发现近源-优相-低势复合区控制着圈闭内储层的含油气性。圈闭内外界面能势差越大，圈闭内储层的含油气性越好。研究成果揭示了储层内外界面势差控油气富集的临界条件与变化特征；阐明了圈闭内部储层含油气性随内外界面势差增大而增加的基本规律；建立了相-势-源复合指数（FPSI）与储层含油气性定量关系模式并研发了应用技术，实现了钻前目标含油气性地质预测与定量评价，降低了勘探风险。

四是提出了构造过程叠加与油气藏调整改造模式，研发了多期构造变动下油气藏破坏烃量评价方法和技术。研究成果阐明了构造变动对油气藏形成和分布的破坏作用；揭示了构造变动破坏和改造油气藏的机制，其中包括位置迁移、规模改造、组分分异、相态转换、生物降解和高温裂解；建立了构造变动破坏烃量与构造变动强度、次数、顺序

及盖层封油气性等四大主控因素之间的定量关系模型,应用相关技术能够评价叠合盆地每一次构造变动的相对破坏烃量和绝对破坏烃量,为有利成藏区域内当今最有利勘探区带的预测与资源潜力评价提供了科学的地质依据。

油气门限控藏理论成果已通过产、学、研相结合等多种形式与油田公司合作在辽河西部凹陷、渤海海域盆地、济阳拗陷、南堡凹陷、柴达木盆地等五个测试区进行了全面系统的应用。“十五”以来,中国三大石油公司将新成果推广应用于 20 个盆地和地区,为大量工业性油气发现提供了理论和技术支撑。

作为中国油气工业战线的一位老兵和油气地质与勘探领域的科技工作者,我有幸担任了“中国叠合盆地油气成藏研究”的 973 项目专家组组长的工作,见证了年轻一代科技工作者好学求进、不畏艰难、勇攀高峰的科学精神,看到一代又一代的年轻学者在我们共同的事业中快速成长起来,心中感受到的不仅是欣慰,更有自豪和光荣。鉴于“中国叠合盆地油气成藏研究”取得的重要进展和在油气勘探过程中取得的重大效益,我十分高兴向同行学者推荐这方面成果并期盼该套丛书中的成果能在我国乃至世界叠合盆地的油气勘探中发挥出越来越大的作用。



中国工程院院士

2013 年 2 月 28 日

丛书序三

中国含油气盆地的最大特征是在不同地区叠加和复合了不同时期形成的不同类型的含油气盆地，它们被称为叠合盆地。叠合盆地内部出现多个不整合面、存在多套生储盖组合、发生多旋回成藏作用、经历多期调整改造。四多的地质特征决定了中国叠合盆地油气成藏与分布的复杂性。目前，在中国叠合盆地，尤其是西部复杂叠合盆地发现的油气藏普遍表现出位置迁移、组分变异、规模改造、相态转换、生物降解和高温裂解等现象，油气勘探十分困难。应用国内外已有的成藏理论指导油气勘探遇到了前所未有的挑战，其中包括：烃源灶内有时找不到大量的油气聚集，构造高部位有时出现更多的失利井，预测的最有利目标有时发现有大量干沥青，斜坡带输导层内有时能够富集大量油气……所有这些说明，开展“中国叠合盆地油气成藏研究”对于解决油气勘探问题并提高勘探成效具有十分重要的理论意义和现实价值。

经过近二十年的努力探索，尤其是在国家几轮 973 项目的连续资助下，中国学者在叠合盆地油气成藏研究领域取得了重要进展。为了解决中国叠合盆地油气勘探困难，科技部自一开始就在资源和能源两个领域设立了 973 项目，《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》就是这方面多个 973 项目创新成果的集中展示。在这一系列成果中，不仅有对叠合盆地形成机制和演化历史的剖析，也有对叠合盆地油气成藏条件的分析和评价，还有对叠合盆地油气成藏特征、成藏机制和成藏规律的揭示和总结，更有对叠合盆地油气分布预测方法和技术的研发以及应用成效的介绍。《油气运聚门限与资源潜力评价》、《油气分布门限与成藏区带预测》、《油气富集门限与勘探目标优选》和《油气藏调整改造与构造破坏烃量模拟》都是丛书中的代表性专著。出版这些创新成果对于推动我国，乃至世界叠合盆地的油气勘探都具有十分重要的理论意义和现实意义。

“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果的出版标志着我国因“文化大革命”造成的人才断沟的完全弥合。这项成果主要是我国招生制度改革后培养出来的年轻一代学者负责承担项目并努力奋斗取得的，它们的出版标志着“文化大革命”后新一代科学家已全面成长起来并在我国科技战线中发挥着关键作用，也从另一侧面反映了我国招生制度改革的成功和油气地质与勘探事业后继有人，是较之科研成果自身更让我们感到欣慰和振奋的成果。

“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果的出版标志着叠合盆地油气成藏理论研究取得重要进展。这项成果是针对国内外已有理论在指导我国叠合盆地油气勘探过程中遇到挑战后展开探索研究取得的，它们既有对经典理论的完善和发展，也有对复杂地质条件下油气成藏理论的新探索和油气勘探技术的新研发。“油气门限控藏”理论模式的提出以及“油气藏调整改造与构造变动破坏烃量评价技术”的研发都是这方面的代表性成果，它们

有力地推动了叠合盆地油气勘探事业的向前发展。

“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果的出版标志着我国叠合盆地油气勘探事业取得重大成效。它是针对我国叠合盆地油气勘探遇到的生产实际问题展开研究所取得的创新成果，对于指导我国叠合盆地，尤其是西部复杂叠合盆地的油气深化勘探具有重大的现实意义。近十年来中国西部叠合盆地油气勘探的不断突破和储产量快速增长，真实地反映了相关理论和技术在油气勘探实践中的指导作用。

“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果的出版标志着能源领域国家重点基础研究(973)项目的成功实践。这项成果是在获得国家连续三届973项目资助下取得的，其中包括“中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测(G1999043300)”、“中国西部典型叠合盆地油气成藏机制与分布规律(2006CB202300)”、“中国西部叠合盆地深部油气复合成藏机制与富集规律(2011CB201100)”。这些项目与成果集中体现了科学研究的国家目标和技术目标的统一，反映了973项目的成功实践和取得的丰硕成果。

“中国叠合盆地油气成藏研究”系列成果的出版将进一步凝聚力量并持续推动中国叠合盆地油气勘探事业向前发展。这一系列成果是在我国油气地质与勘探领域老一代科学家的关怀和指导下，中国年轻一代的科学家带领硕士生、博士生、博士后和年轻科技工作者努力奋斗取得的，它凝聚了老、中、青三代人的心血和智慧。《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》的出版既集中展示了中国叠合盆地油气成藏研究的最新成果，也反映了老、中、青三代科研人的团结奋斗和共同期待，必将引导和鼓励越来越多年轻学者加入到叠合盆地油气成藏深化研究和油气勘探持续发展的事业中来。

中国叠合盆地剩余资源潜力十分巨大，近十年来中国西部叠合盆地油气储量和产量的快速增长证明了这一点。随着油气勘探的深入和大规模非常规油气资源的发现，叠合盆地深部油气成藏研究和非常规油气藏研究正在吸引着越来越多学者的关注。我们期盼，《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》的出版不仅能够引导中国叠合盆地常规油气资源的勘探和开发，也能为推动中国，乃至世界叠合盆地深部油气资源和非常规油气资源的勘探和开发做出积极贡献。

李永进

中国科学院院士

2013年2月28日

丛书前言

中国油气地质的显著特点是广泛发育叠合盆地。叠合盆地发生过多期构造变动,发育了多套生储盖组合,出现过多次旋回的油气成藏和多期次的调整改造,目前显现出“位置迁移、组分变异、多源混合、规模改造、相态转换”等复杂地质特征,已有勘探理论和技术在实用中遇到了前所未有的挑战。中国含油气盆地具有从东到西,由单型盆地向简单叠合盆地再向复杂叠合盆地过渡的特点,相比之下西部复杂叠合盆地的油气勘探难度更大。揭示中国叠合盆地油气成藏机制和分布规律,是20世纪末中国油气勘探实施稳定东部、发展西部战略过程中面临的最为迫切的科研任务。

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》汇集了我国油气地质与勘探工作者在油气成藏研究的相关领域取得的创新成果,它们主要涉及“中国西部典型叠合盆地油气成藏机制与分布规律(2006CB202300)”和“中国西部叠合盆地深部油气复合成藏机制与富集规律(2011CB201100)”两个国家重点基础研究发展计划(973)项目。在这之前,金之钧教授和王清晨研究员已带领我们及相关的研究团队完成了中国叠合盆地第一个973项目“中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测(G1999043300)”。这一期间积累的资料、获得的成果和发现的问题,为后期两个973项目的展开奠定了基础、确立了方向、开辟了道路,后两个973项目可以说是前期973项目研究工作的持续和深化。

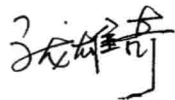
“中国叠合盆地油气成藏研究”能够持续展开,得益于科技部重点基础研究计划项目的资助,更得力于老一代科学家的悉心指导和大力帮助。许多前辈导师作为科技部跟踪专家和项目组聘请专家长期参与和指导了项目工作,为中国叠合盆地油气成藏研究奉献了智慧、热情和心血。中国石油大学张一伟教授,就是众多导师中持续关心我们、指导我们、帮助我们和鼓励我们的一位突出代表。他既将973项目看作年轻专家学者攀登科学高峰的战场,也将它当作培养高层次研究人才的平台,还将它视为发展新型交叉学科的沃土。他不仅指导我们凝炼科学问题,还亲自带领我们研发物理模拟实验装置,甚至亲自开展科学实验。在他最后即将离开人世的时候还在念念不忘我们承担的项目和正在培养的研究生。老一代科学家的关心指导、各领域专家的大力帮助以及社会的殷切期盼是我们团队努力做好项目的强大动力。

“中国叠合盆地油气成藏研究”能够顺利进行,得力于相关部门,尤其是依托单位的强力组织和研究基地的大力帮助。中国石油天然气集团公司,既组织我们申报立项、答辩验收,还协助我们组织课题和给予配套经费支持;中石油塔里木油田公司和中石油新疆油田公司组织专门的队伍参与项目研究,协助各课题研究人员到现场收集资料,每年派专家向全体研究人员报告生产进展和问题,轮流主持学术成果交流会,积极组织力量将创新成果用于油气勘探实践。依托单位的帮助和研究基地人员的参与,一方面保障

了项目研究的顺利进行,加快了项目研究进程,另一方面缩短了创新成果用于勘探生产实践的测试时间,促进了科技成果向生产力转化。在相关部门的支持和帮助下,本项目成果已通过多种方法和途径被推广应用到国内外二十多个盆地和地区,并取得重大勘探成效。

“中国叠合盆地油气成藏研究”能够获得创新成果,得益于产、学、研结合和老、中、青三代人的联合奋斗。近二十年来,我们以 973 项目为纽带,汇聚了中国石油大学、中国地质大学、中国科学院地质与地球物理研究所、中国科学院广州地球化学研究所、中石油勘探开发研究院、中石油塔里木油田公司、中石油新疆油田公司等单位的相关力量,做到了产学研强强联合和优势互补,加速了科学问题的解决;每一期 973 项目研究,除了有科技部指派的跟踪专家、项目组聘请的指导专家和承担各课题的科学家外,还有一批研究助手、研究生以及油田公司配套的研究人员和年轻科技人员参加。这种产、学、研结合和老、中、青联合的科研形式,既保障了科研工作的质量、科学问题的快速解决以及创新成果的及时应用,又为油气勘探事业的不断发展创造了条件,增加了新的动力。

《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》的创新成果,已通过油田公司的配套项目、项目组或课题组与油田公司联合承担项目等形式,广泛应用于油气勘探生产,该丛书的出版必将更有力地推动相关创新成果的广泛应用并为更加复杂问题的解决提供技术思路和工作参考。《中国叠合盆地油气成藏研究丛书》凝聚了以各种形式参与这一研究工作的全体同仁的心血、汗水和智慧,它的出版获得了 973 项目承担单位和主管部门的大力支持,也得到了依托部门的资助和科学出版社的帮助,在此我们深表谢意。



2013 年 12 月 30 日

前言

关于油气运移和聚集的研究和讨论由来已久 (Hobson, 1954; McAuliffe, 1979; 李明诚, 2004)。先前, 人们对油气运移的研究主要集中在对运移动力特征的分析, 认为油气运移的通道在宏观上基本均匀, 不会从根本上改变运移路径特征 (Hubbert, 1953; England et al., 1987; Hindle, 1997)。近年的研究证实, 油气在盆地内的二次运移是一个极不均一的过程 (Schowalter, 1979; Luo et al., 2004)。即便是在均匀的孔隙介质内, 油气也只沿着通道内范围有限的路径发生运移 (Luo, 2011), 在盆地尺度上, 二次运移路径的宽度可能仅为数米 (Schowalter, 1979; Thomas et al., 1995), 其体积只占全部输导层的1%~10% (Schowalter, 1979; Dembicki et al., 1989; Catalan et al., 1992; Luo et al., 2007a)。

随着对岩性地层油气藏勘探和认识上的深入, 人们越发感到运移通道在运移过程中起到了举足轻重的作用 (罗晓容等, 2012)。近年来的成藏动力学研究和勘探实践表明, 烃源岩排出的油气在输导层、断裂及不整合面相互交织而成的复杂的立体输导系统内才能持续远距离运移 (Currather, 2003; 罗晓容等, 2007a; Luo et al., 2007b)。运移路径一旦形成, 后续运移的油气会沿着该路径运移, 这意味着油气运移的路径具有继承性 (张发强等, 2004; 侯平等, 2005), 所形成的运移路径在整个通道中往往呈现极端的非均匀性 (罗晓容等, 2007a; Luo, 2011), 只有处在油气运移路径附近的有效圈闭内才有可能聚集油气, 形成油气藏 (罗晓容等, 2007b; Hao et al., 2009)。

本书涉及的主要内容基于国家重点基础研究发展计划课题“中国西部典型叠合盆地复合优势通道形成演化与油气运移效率 (2006CB202305)”。课题主要以塔里木盆地的塔中隆起和库车山前带、准噶尔盆地的南缘山前带和腹部为重点研究区, 在对中国西部叠合盆地演化条件下不同地区各类油气运移通道的输导特征的研究基础上, 在塔里木盆地的塔中隆起和准噶尔盆地腹部莫索湾地区建立叠合盆地油气复合输导地质模型, 并应用地质、地球化学、地球物理、物理模拟和数值模拟的理论、方法和技术, 探讨叠合盆地复合输导体系的构成与特征, 研究油气沿复合输导格架运移的效率。

本书是在总结该课题的主要成果、并结合作者在此期间及前后相关工作的基础上撰写而成, 包括以下内容:

(1) 油气成藏动力学研究的思想、方法和认识。主要讨论从动力学角度开展油气运移通道研究的思想、方法和认识基础, 介绍作者当前在油气成藏动力学研究方面的主要进展。

(2) 砂岩输导层及其量化表征。通过解剖区的实际工作, 讨论在碎屑岩系地层中进行油气运移通道研究的建模思想和方法、基本的工作程序及其实际应用效果。

(3) 断层输导体及量化表征。通过野外断层特征的观察和分析,研究断层对于油气运移启闭性特征及相关参数的影响,在不同地区利用断层连通概率对其有效性进行评价。

(4) 不整合面特征及相关输导体。主要通过对不整合面结构特征的野外观测和井下资料分析,研究不重合及上下不同结构地层构成输电体的条件。

(5) 典型地区输导体系与油气成藏。分别以塔中地区古生界海相碎屑岩(志留系—石炭系)、准噶尔盆地莫索湾地区侏罗系为研究对象,分析油气成藏条件,研究主要输导体及其复合而成的输导体系的结构特征和物性变化,通过油气成藏动力学研究,认识复合输导体系的油气运移效率。

本书内容的研究工作由中国科学院地质与地球物理研究所、中国石油大学(北京)、西南石油大学、塔里木油田分公司勘探开发研究院、新疆油田勘探开发研究院等单位共同参与。本书第一章由罗晓容、张立宽执笔;第二章由罗晓容、史基安、周路、康永尚执笔;第三章由罗晓容、周路、王兆明、付碧宏、张立宽等执笔;第四章由杨晚、周路执笔;第五章由赵健、周长迁、罗晓容等执笔;第六章由周路、史基安、康永尚、周世新、罗晓容等执笔;全书由罗晓容统稿,张立宽校对。参加研究的人员还包括曾溅辉、雷德文、刘楼军、史鸿祥、李勇、陈世加、王洪玉、闫建钊、徐田武、方琳浩、孔旭、贾星亮、郑金云、汪长明等。

课题执行期间,课题所在项目首席科学家庞雄奇教授、课题跟踪专家罗治斌教授及多位评审专家在课题研究方向确定、工作开展及成果总结等各方面都给予了指导、建议和鼓励;课题组研究人员与相关油田单位、科研院所及国外有关机构展开了广泛的合作与交流。塔里木油田分公司勘探开发研究院、新疆油田勘探开发研究院、中国石油新疆油田分公司风城油田作业区、新疆油田公司准东作业区等相关领导及工作人员给予了充分的支持和热情的帮助,在此一并致谢。

罗晓容

2012年6月30日

目 录

丛书序一

丛书序二

丛书序三

丛书前言

前言

第一章 油气成藏动力学研究的思想、方法和认识	1
第一节 油气成藏动力学研究的思想和方法	1
第二节 油气运移的动力与通道	4
第三节 油气运移模型方法及其适用性分析	11
第四节 油气资源评价与油气分布预测	19
第二章 砂岩输导层及其量化表征	27
第一节 输导层模型建立的方法	27
第二节 输导层分析的地球物理方法	37
第三节 准噶尔盆地西北缘输导层	53
第四节 火烧山构造带输导层表征及应用	76
小结	95
第三章 断层输导体及量化表征	96
第一节 霍尔果斯-玛纳斯-吐谷鲁构造带断层与流体活动的关系	96
第二节 断层启闭性参数分析与研究方法	105
第三节 各种地质参数表征的断层连通概率	111
小结	122
第四章 不整合面特征及相关输导体	123
第一节 准噶尔盆地不整合面特征及其对油气输导的作用	123
第二节 莫索湾凸起不整合输导体研究	134
第三节 关于不整合油气输电体的认识	140
第五章 塔中地区输电体系与油气成藏	145
第一节 塔中地区地质背景及石油地质条件分析	145
第二节 塔中地区志留系砂岩输导层量化表征	151
第三节 塔中地区断层输电体量化表征	170
第四节 塔中地区志留系复合输电体系的建立及油气运聚模拟	180
小结	183

第六章 准噶尔盆地莫索湾地区输导体系与油气成藏·····	184
第一节 石油地质基本特征分析·····	184
第二节 流体动力系统演化及成藏系统划分·····	198
第三节 油气运聚地球化学特征·····	214
第四节 莫索湾地区三工河组输导层量化表征·····	243
第五节 莫索湾地区复合输导格架建立·····	265
小结·····	282
参考文献·····	283
索引·····	296

第一章

油气成藏动力学研究的思想、方法和认识

作为流体矿产,石油天然气的形成、运移、聚集以及聚集成藏后的破坏和散失都是在充满水的岩石空间(包括孔隙、裂隙、溶洞等)内进行的(张厚福等,1999)。勘探实践证实,沉积盆地内油气在烃源岩内生成,初次运移到输导层内后发生二次运移,最后在运移动力和阻力达到平衡的圈闭内聚集成藏(Hobson et al., 1981; England et al., 1987; Magoon et al., 1992)。地质条件的非均质性和各种构造活动可使油气运移和聚集的过程复杂化,如较大的水动力作用(Hubbert, 1953; Toth, 1980)、输导层和储集层岩性、物性的空间变化(Schowalter, 1979)、断裂的封隔和连通(Hobson, 1956; Allen, 1989)等。

长久以来,恰恰是最能反映油气作为流体矿产的本质特征,也最能体现动力学研究内容和方法的运移、聚集和散失等方面的内容在石油地质学中研究较少,所积累的认识也最具有不确定性(罗晓容, 2003; 李明诚, 2004)。这在很大程度上是因为油气的运移和聚集都发生在地质历史复杂的动态过程中,相对于地质历史而言往往非常短暂,在实际的勘探和研究中往往很难直接观察,甚至很难获得运移和聚集的痕迹(Schowalter, 1979; Dembicki et al., 1989; Catalan et al., 1992)。

随着隐蔽油气藏目标日益增加和勘探条件日益复杂,定量的动力学研究已逐步成为石油地质学研究的重要方向(杨甲明等, 2002; 罗晓容, 2003; 罗晓容等, 2007a; Hao et al., 2009)。本章归纳总结研究者近年来在油气成藏动力学研究方面的主要进展,并补充部分对他人工作的综述,以期勾勒出油气成藏动力学研究新进展的脉络。研究中,我们注重对油气运移和聚集过程和机理的分析,关注主要油气运聚期的输导格架的构建,尝试根据盆地演化过程及油气地质条件特征,划定时空有限的油气成藏动力学系统,对其输导性能进行量化表征,展示主要油气运聚期运移路径的分布特征。

第一节 油气成藏动力学研究的思想和方法

含油气系统的概念及其系统研究的思想和方法(Magoon et al., 1994)极大地促进了石油地质学的发展(赵文智等, 2002; 张厚福等, 2002),但其在指导我国叠合盆地复杂油气地质条件下的基础研究和勘探实践中也显露出不足(田世澄, 1996; 岳伏生等, 2003)。叠合盆地中多个含油气系统间相互叠置、交叉,决定了油气藏分布的复杂性和多样性,形成了复杂的油气成藏、调整过程及油气分布特征(任纪舜, 2002; 金之钧等, 2004; 庞雄奇等, 2007)。

鉴于含油气系统的概念和方法难以理清油气从源到藏的过程,更难以认识不同期