



国家重点基础研究发展计划

中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测丛书

金之钧 王清晨 主编

塔里木叠合盆地 构造解析和应力场分析

汤良杰 贾承造 等著



科学出版社
www.sciencep.com

中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测丛书

金之钧 王清晨 主编

塔里木叠合盆地构造解析 和应力场分析

汤良杰 贾承造 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书属于国家 973 计划课题 (G1999043305) 的研究成果, 以现代盆地构造解析理论为指导, 以塔里木叠合盆地为典型解剖对象, 论述了典型叠合盆地关键构造变革期构造转换对盆地建造与改造的制约, 确定了塔里木盆地关键构造变革期次、性质和强度, 探讨了塔中和塔北主不整合面特征、形成过程及其分布, 讨论了塔中和塔北隆起隆升改造历史的差异及其控制机制。对叠合盆地前陆褶皱-冲断带盐构造特征及其形成机理进行了探索, 确定了库车前陆褶皱-冲断带新生代盐相关构造样式, 建立了盐相关构造地质模型和解释模型, 分析了前陆挤压环境下构造应力场演化和盐构造有效应力分布。对叠合盆地基底-盖层统一变形特征与构造模式进行了研究, 探讨了塔里木盆地盖层多期变形特征及其构造定格, 分析了塔里木盆地壳幔结构、基底断裂系统和基底构造形态, 建立了盆地基底构造与盖层构造变形响应样式和构造模式。

本书可供地质、石油院校师生以及从事含油气盆地分析、构造地质和石油地质工作的专业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塔里木叠合盆地构造解析和应力场分析/汤良杰, 贾承造等著. —北京: 科学出版社, 2007

(中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测丛书/金之钧, 王清晨主编)

ISBN 978-7-03-019941-6

I. 塔… II. ①汤…②贾… III. ①塔里木盆地-叠加褶皱-地质-构造-分析 ②塔里木盆地-叠加褶皱-应力分析 IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 140439 号

责任编辑: 谢洪源 贾海新/责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬/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>

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

*

2007 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2007 年 9 月第一次印刷 印张: 10 3/4

印数: 1—1 200 字数: 221 000

定价: 55.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

《中国典型叠合盆地油气形成富集 与分布预测丛书》编辑委员会

编辑顾问委员会

主任：刘光鼎 翟光明

委员：(以姓氏笔画为序)

马宗晋	王乃举	王铁冠
贝 丰	方朝亮	朱日祥
李任伟	李思田	汪集旻
张一伟	范蔚茗	罗治斌
傅家谟	戴金星	

编辑委员会

主任：金之钧 王清晨

委员：(以姓氏笔画为序)

王良书	吕修祥	刘树根
汤良杰	纪友亮	李 忠
杨长春	张水昌	陈践发
林畅松	罗晓容	庞雄奇
郑天愉	赵俊猛	钟宁宁
耿安松	贾承造	顾家裕
彭平安		

主 编 金之钧 王清晨

《塔里木叠合盆地构造解析和应力场分析》

参加编写人员名单

汤良杰 贾承造 王英民 曲国胜
曾联波 谭成轩 陈书平 刘 豪

丛书序一

随着国民经济建设的迅速发展,1993年国内油气资源开始供不应求,进口原油3000万t,中国再次成为石油净进口国。这一缺口在继续扩大,到2010年将达到1.2亿t以上。面对这种严峻的形势,我们的对策是什么?

半个世纪以来,中国石油天然气工业从小到大,得到高速的发展,这一巨大成就主要是在新生代陆相碎屑岩沉积盆地中取得的。应当看到,自元古宙晚期以来,中国大陆由大海分割开来的数个块体(如华北、扬子和塔里木)逐渐扩大而发育成为相对稳定的台地,并在古生代末海水退出后形成中国大陆的雏形。在海水退出之前,块体之间的海底形成碳酸盐岩台地,具有比河湖优越得多的生油条件和广阔得多的容纳空间。因此,中国在中、古生代甚至中、新元古代的海相碳酸盐岩地区还应该存在丰富的石油和天然气资源。

国家重点基础研究发展规划项目“中国叠合盆地油气形成富集与分布预测”(编号:G19990433)正是抓住了这一关键,提出了在“叠合盆地”中寻找油气勘探战略接替区的理念。他们把中国大陆上“经历了多期构造变革、由多个原型盆地经多方位叠加复合而形成的、具有复杂结构的盆地”称为叠合盆地,把叠合盆地油气形成富集与分布规律作为急需解决的重大科学问题,并以叠合盆地形成演化过程与成烃-成藏过程为主线开展了研究。五年来,该项目进行了野外施工、考察,室内分析、化验和模拟实验,完成了巨大工作量,获得了丰富的第一手资料,全面完成了研究计划,实现了项目的预期目标。

该项目发展和完善了用于叠合盆地油气分析与预测的四项技术,建立了确定碳酸盐岩烃源岩有机质丰度下限的新标准,最终取得了五项创新性成果,对我国早古生代碳酸盐岩层系含油气远景评价提供了理论依据和分析技术,在油气勘探中具有良好的推广前景和指导意义,并据之初步遴选了我国油气战略远景区;发展和完善了叠合盆地油气形成与分布理论,具有重要的科学价值,其总体研究水平居国际先进行列。

值得指出的是,该项目的两位首席科学家金之钧教授和王清晨研究员自始至终发挥了学术带头人的作用,并在项目组织和管理中同心同德、密切合作,为该项目的成功实施付出了艰苦的卓有成效的努力。

这套丛书的出版是对该项目研究成果的一个比较全面的总结,希望此丛书所阐述的叠合盆地油气形成分布理论与分析预测技术在我国叠合盆地的油气勘探实践中发挥更大的作用。值此丛书出版之际我再次呼吁,一定要高度重视前新生代海相残留盆地,这是中国油气勘探二次创业的主要方向。最近探明的轮南-塔河大油田和普光大气田都是典

型的前新生代海相层系油气田，显示出我国前新生代海相层系具有良好的勘探前景和巨大的潜力。

任重而道远，我们当努力探索！

A stylized handwritten signature in black ink, likely reading '王兴' (Wang Xing), positioned on the right side of the page.

丛书序二

油气短缺已成为制约我国国民经济持续稳定发展的瓶颈。研究表明,我国剩余油气资源 80% 以上都集中在叠合盆地内。叠合盆地的共性可概括为:“多期成盆、多期改造、多套烃源岩、多次生排烃、多期运聚散”,其地质过程和油气成藏动力学过程十分复杂。正因如此,尽管我国剩余油气资源潜力大,但勘探难度也大。

金之钧教授和王清晨研究员两位首席科学家敏锐洞察到具有中国地域特色的叠合盆地的特殊性,依托中国石油天然气集团公司和中国科学院,成功组织实施了《中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测》国家 973 计划项目。该项目针对叠合盆地的特殊性,凝练出三个科学问题作为主攻方向,即:①关键构造变革时期的盆山耦合关系与叠合盆地的形成和改造;②多套烃源岩的发育环境与生排烃机理和效率;③多期油气聚散的过程、机理与油气的形成演化规律。围绕这些科学问题,该项目选择塔里木和渤海湾两个叠合盆地作为重点研究地区,以叠合盆地形成演化过程与成烃-成藏过程为主线统领各项研究工作。

经过项目首席科学家、专家组、顾问组以及 100 多名项目组成员 5 年共同努力,项目顺利通过了国家科技部组织的专家组的验收,并获得优秀评价。其创新性成果集中体现在以下 5 个方面。

(1) 库车盆地-天山中、新生代盆-山耦合与油气成藏:揭示出库车盆地-天山盆山系统的深部结构为塔里木板块向北俯冲,浅部变形受重力扩展机制控制的新认识,建立了盆地内部褶皱带挤压环境下盐相关构造变形的地质模型,阐明了东西向构造分段性控制着烃源岩形成与分布规律,建立了储层与盖层的分布受盐相关构造控制的油气预测模型。

(2) 叠合盆地碳酸盐岩烃源岩分级评价及优质烃源岩分布预测模型:首次基于大规模试验和数值模拟,明确提出碳酸盐岩作为烃源岩的有机质丰度下限为 $\text{TOC}=0.5\%$,建立了碳酸盐岩油、气源岩分级评价方法和指标体系,提出了中国叠合盆地海相烃源岩的四种分布预测模式和两种非烃源岩发育模式。

(3) 典型叠合盆地油气成藏机理与成藏模式研究:强调有机-无机、深部流体-浅部流体相互作用,论证了深部流体活动以物质交换与能量交换两种形式参与了油气成藏过程,建立了活塞式、指进式和优势路径式三种油气运移模式,并提出了幕式与事件型流体流动两种驱动机制和五种成藏模式。

(4) 塔里木盆地多期混源油气判识与分布预测:发展了多期油气成藏定年技术,建立了油气成藏期综合判识方法体系,提出轮南可动油主要来自中上奥陶统的新认识,厘定了克拉 2 气藏精细成藏过程,指出了叠合不整合对古岩溶的控制作用,并指出生物礁应成为塔里木盆地勘探新领域。

(5) 渤海湾盆地构造演化与隐蔽油气藏分布预测:提出了深部隐藏油气藏成因类型

和探测技术,建立了以叠前高精度成像为主体的地震资料精细处理技术和以边缘检测为主体的裂隙储层地球物理探测技术,建立了以成藏体系为单元的油气聚散定量模型,提出了以门限控烃理论为基础的隐蔽油气资源评价新方法,并成功地应用到油气勘探实践。

尤其难能可贵的是在项目执行过程中,金之钧教授和王清晨研究员两位首席科学家和项目组研究人员在解决叠合盆地油气形成富集重大基础理论问题的同时,立足国家重大需求、紧密结合生产实践,为全国新一轮油气资源评价提供了极有价值的参数;发展和完善了叠合盆地构造解析与层序地层学分析方法与技术、叠合盆地油气成藏定年方法与技术、叠合盆地油气资源评价方法与技术、叠合盆地深部油储地球物理预测方法与技术;积极参与油田的勘探部署讨论,为油田增储上产做出了积极贡献。

本丛书的出版是对该项目的系统总结,相信对我国叠合盆地的研究及油气勘探都将发挥积极作用。同时还展示了一支从事盆地分析和油气成藏研究的优秀科研团队的成长历程和科研活力,我为这样一批中青年科学家的快速成长感到由衷地高兴。基于我国的地域特色,叠合盆地油气成藏理论研究和勘探实践将会面临更加艰难的探索过程,而其中的海相碳酸盐岩的研究和勘探则更难。衷心希望这个优秀的科研团队能在我国海相碳酸盐岩层系原型盆地恢复、构造改造、动力学过程及其油气成藏效应、油气分布规律研究方面能有新的建树。

王清晨
2006.9.28

丛书前言

石油天然气既是国际竞争的重要战略资源,又是每一国家经济发展不可缺少的能源和自然资源。尽管我国油气产量连年增长,但已不能满足经济快速发展的需求,从1993年开始,我国已经成为石油净进口国。日益增大的油气供需缺口将制约国民经济的持续发展,寻找油气勘探战略接替区已成当务之急。

我国油气资源非常丰富,但勘探难度越来越大,根本原因在于含油气盆地的结构特殊,在国际上被称为“中国型盆地”。我国含油气盆地多属“叠合盆地”,在长期演化过程中经历过多次构造变革,具有“三层楼”结构,烃源岩种类多,油气经历了多期运移、聚集乃至破坏的过程,油气藏的分布状态复杂;而我国陆上油气资源的80%赋存在叠合盆地中。因此,叠合盆地油气形成富集与分布规律成为急需解决的重大科学问题。

正是在这一背景下,国家科学技术部启动了国家重点基础研究发展规划项目“中国叠合盆地油气形成富集与分布预测”(编号:G19990433)。本项目由中国科学院刘光鼎院士、中国石油天然气集团公司翟光明院士、中国地质大学王鸿祯教授、中国石油大学金之钧教授和中国科学院地质与地球物理研究所王清晨研究员建议,并由金之钧和王清晨任项目首席科学家。

1999年在项目论证时,我们提出,我国陆相油气地质理论、世界海相油气地质理论都不能解决我国叠合盆地油气勘探中碰到的独特的油气地质问题。为解决结构复杂的叠合盆地中油气形成富集理论与分布预测问题,必须遵循油气形成的自然规律,从含油气盆地形成(成盆)、沉积有机质向烃类物质转化(成烃)、油气生成后的运移-聚集-保存(成藏)等三方面进行研究。我们从油气勘探实践面临的问题中提炼出三个科学问题,作为本项目的主攻方向,即:①关键构造变革时期的盆山耦合关系与盆地结构的形成和改造;②多套烃源岩的发育环境与生排烃机理和效率;③多期油气聚散的过程、机理与复杂含油气系统的形成演化规律。围绕上述科学问题,本项目选择塔里木和渤海湾两个既有复杂叠合盆地共性又有构造演化个性的盆地,以盆地形成演化过程与成烃-成藏过程为主线,开展了关键构造变革时期盆山耦合与叠合盆地形成机制,叠合盆地的构造-层序系统分析与反演建模,叠合盆地多套烃源岩的发育环境与生排烃机理,叠合盆地油气聚散过程与成藏环境,叠合盆地含油气系统演化与油气远景预测等五方面的研究。

项目下设11个研究课题:01课题“中国典型叠合盆地的深部三维结构”属基础观测,调查典型叠合盆地的深部三维结构,为其他相关课题的研究打基础。02,03,04及05课题将围绕成盆动力学问题进行研究。其中02课题“中国典型叠合盆地深部热体制转换与热史反演”,进行盆地热流与古地温研究;03课题“中国典型叠合盆地关键构造变革时期的盆山耦合与深部过程”,进行盆山系统动力学研究;04课题“中国典型叠

合盆地层序地层分析与构造古地理-岩相古地理再造”，进行构造古地理和油气生储盖层分布规律研究；05 课题“中国典型叠合盆地应力场分析与构造变形三维解析”，进行盆地构造变形研究；06 和 07 课题将围绕成烃问题进行研究。其中 06 课题“中国典型叠合盆地优质烃源岩发育环境及控制因素”，侧重优质烃源岩生成环境和富集规律的研究；07 课题“中国典型叠合盆地碳酸盐岩烃源岩生排烃机理与排烃门限及效率”侧重碳酸盐岩生排烃机理研究和生排烃门限与效率的定量研究。08，09，10，11 课题将围绕成藏动力学问题进行研究。其中 08 课题“中国典型叠合盆地油气成藏期年代学研究”，进行成藏期年代学研究；09 课题“中国典型叠合盆地深部热流体与盆地流体相互作用及成藏效应”，进行盆地深部流体的成藏效应研究；10 课题“中国典型叠合盆地油气聚散机理及定量模拟”，进行油气运聚散过程的量化研究；11 课题“中国典型叠合盆地深部油储形成机理、分布模式与分布预测方法”，进行盆地深部储层形成机理与地球物理识别的联合研究。参加研究工作的单位主要有中国石油大学、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、南京大学、中国地质大学、中国科学院兰州地质研究所、中国石油勘探开发研究院、成都理工大学、中国地震局地质研究所、大庆石油学院、西北大学等大学和科研院所。

五年来，通过首席科学家、项目专家组、咨询组、课题负责人和骨干研究人员的同心协力，各课题已经全面完成了计划和任务，并初步形成了一个兼顾基础科学问题和国家目标的石油天然气研究基地，一批中青年科学家在“973”项目提供的广阔天地中得到锻炼，迅速成长。

本丛书所反映的是项目各课题的部分创新性成果，将分册出版，在各课题研究成果的基础上，全面集成《中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测丛书》，在理论、方法和技术体系上的创新，并反映各课题在我国西部围绕塔里木盆地、天山、阿尔金山开展的地震勘测剖面和相关盆地动力学研究成果；围绕库车盆地与天山开展的盆地地质、地球化学及其动力学研究成果；围绕塔里木盆地开展的层序地层学研究成果；围绕塔里木盆地开展盐构造、叠合不整合与古应力场等的构造解析研究成果；围绕优质烃源岩发育环境及控制因素开展的地质、地球化学研究成果；围绕碳酸盐岩烃源岩生排烃机理与排烃门限及效率开展的研究成果；围绕油气成藏期年代学开展的地球化学研究成果；围绕深部热流体与成藏效应开展的研究成果；围绕油气聚散机理及定量模拟开展的研究成果；围绕深部油储形成机理、分布预测开展的地质与地球物理研究成果。

我们相信，本丛书的出版将会促进我国在叠合盆地进行油气勘探的实践与理论水平，丰富世界油气勘探理论宝库。

金之钧 王清晨

2006. 8. 15

本书序

中国区域大地构造的发展,往往经历多期复杂的构造变动,所以内陆大型含油气盆地基本上都属于叠合盆地。在不同的地质发展阶段,由于受不同地球动力学和构造应力场的作用,造成了不同的盆地类型、沉积组合、边界条件和盆-山耦合形式,产生了复杂的构造变形,从而使叠合盆地具有多期成盆、多期成烃、多期成藏以及复杂的油气运移、成藏模式和油气分布规律。随着社会的发展,对石油天然气的需求日益增长,叠合盆地研究的复杂性需要精细的剖析。叠合盆地构造特征有着许多共性,在叠合盆地控制油气成藏的诸多要素中,构造作用是关键性的决定因素之一。

《塔里木叠合盆地构造解析和应力场分析》一书,是贾承造院士和汤良杰教授等主持承担的国家 973 计划课题“中国典型叠合盆地应力场分析与构造变形三维解析”研究成果的基础上撰写的。该书针对我国叠合盆地的构造演化和构造变形的特点,重点阐述了塔里木早古生代碳酸盐岩盆地形成演化和前期构造的改造、库车前陆褶皱-冲断带盐相关构造和应力场特征、基底-盖层统一变形和古隆起演化史等。该书在叠合盆地构造解析和应力场分析方面取得的主要进展可以概括为以下 4 个方面。

1) 揭示了叠合盆地中早古生代海相碳酸盐岩盆地的构造演化和变革,提出了叠合不整合概念,针对这一叠合盆地的专属性关键问题和薄弱环节,提出了一套叠合不整合解析方法,可以较好地用于确定多序次不整合时空发育和展布特征,估算叠合不整合的总剥蚀厚度以及分期分层剥蚀厚度,恢复原始地层厚度,进而为精确恢复叠合盆地构造演化史提供更为可信的资料和数据。揭示了塔里木叠合盆地不同时期古隆起的形成、分布和演变规律,对塔里木古生代碳酸盐岩盆地构造古地貌特征作了恢复,建立了塔里木早古生代坡折带的古地貌模式并指出了寻找大型油气田的勘探远景区。

2) 盐构造研究对于叠合盆地构造分析和油气勘探开发都具有重要意义,本书作者通过野外地质调查、地震资料解释、平衡剖面分析和物理模拟实验工作,建立了库车前陆褶皱-冲断带盐上层、盐岩层和盐下层统一变形构造地质模型,提出了盐推覆构造和盐枕构造地质模型,揭示了塔里木叠合盆地多期盐构造地质模型,创建了库车前陆褶皱-冲断带西段盐构造平面综合分带模式和剖面叠加组合样式。通过物理模拟实验揭示了盐相关构造形成的运动学过程,平衡剖面分析和盐岩溶解物理模拟实验揭示了盐相关构造的形成和发育时代,建立了前陆挤压环境下盐相关构造的动力学模式,认为构造隆升、挤压推覆、重力滑动、重力扩展作用共同控制盐相关构造变形。

3) 基底和盖层是岩石圈表壳的两个相关构造层次,其内部可以在沉积层序、构造变形、变动样式和变质相序等方面表现出成层性和横向不均一性。在同一区域应力场作用下,基底和盖层的构造变形紧密相联。该书提出基底构造活动不仅控制着沉积盖层的形成和剥蚀,而且也制约着沉积盖层的变形和变化,其中基底断裂带的活动对盖层的构造变形也有至关重要的作用。由此建立了塔里木叠合盆地基底-盖层统一变形模式,提

出了基底构造活动控制前陆构造的分段性、基底断裂控制前陆盆地断裂变形等认识,揭示了台盆区早古生代海相碳酸盐岩断裂构造受先存基底断裂控制和导引,其中以逆冲断层为主,局部发生反转活动。

4) 探讨了叠合盆地古构造应力场恢复的技术方法,初步建立了应用泥岩电阻率和声波时差计算西部前陆褶皱-冲断带地应力的统计模型,提出了利用岩石磁组构和声发射方法恢复叠合盆地古构造应力场最大主压应力方位以及主要构造期次与主应力大小的方法。揭示了库车前陆褶皱-冲断带中、新生代构造应力场分布特征,认为巨厚的盐岩层和喜马拉雅晚期强烈构造挤压作用是库车前陆褶皱-冲断带异常高压形成的主要因素。提出库车前陆褶皱-冲断带自中生代以来经历了六次主要的构造运动,确定了各期构造运动的最大主应力方向和应力值大小,认为喜马拉雅中晚期是该区构造的主要变形期。

上述有关叠合盆地构造解析和应力场分析的进展和认识,已广泛应用于塔里木叠合盆地,特别是北部盆缘构造带的油气勘探实践,为进一步研究提供了方法与思路。本书关于盐相关构造几何学、运动学和动力学研究、叠合不整合分析、前陆盆地构造分段性及其成因、基底-盖层统一变形构造模式以及古构造应力场分析,对构造地质学的发展将起到积极推动作用,对于塔里木台盆区、前陆褶皱-冲断带以及其他叠合盆地研究和油气勘探实践具有重要的参考意义,为含油气盆地构造样式几何学、运动学分析和盆地动力学机制解释增添了新的内容。应该说,叠合盆地构造解析和应力场分析,该书是一个较好的开端。在今后叠合盆地构造解析中,应该特别重视我国古生代海相碳酸盐岩层系形成的盆地背景及其后期叠合历史的研究,确定关键构造变革期及其对盆地转型的影响,分析盆地不同构造期变形样式及其分带分段变形规律,揭示基底-盖层统一构造变形历史,恢复盆地系统形成过程和耦合历史,为探讨叠合盆地形成演化历史和油气聚集过程提供新的认识和成果。

新中国成立以来,经几十年不断地探索,我国油气大军对陆相油气的开发与探取已获得世界性的拓展。近年来,在国家的大力推动下,我国油气大军又增加了众多新军和勘探营力,目前已在全国多个大型叠合盆地中取得了新的突破,实有破冰前进之感,但望我国对一个个油气难关,由浅而深、由简单而复杂的取得叠叠胜利。

马宗晋

2007.5.

本书前言

《塔里木叠合盆地构造解析和应力场分析》一书，是在国家重点基础研究发展计划(973)项目“中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测”(G1999043300)第五子课题“中国典型叠合盆地应力场分析与构造变形三维解析”(G1999043305)研究成果的基础上，经过进一步总结和提炼而成的。课题研究自1999年10月启动，至2004年10月结束，历时5年，以现代盆地构造解析理论为指导，以塔里木叠合盆地为典型解剖对象，一是研究典型叠合盆地关键构造变革期构造转换对盆地建造与改造的制约，试图确定塔里木盆地关键构造变革期次、性质和强度，解剖塔中和塔北典型断裂带在盆地叠合过程中的活动规律和模式，研究塔中和塔北主不整合面特征及其形成过程，研究塔中和塔北隆起隆升改造历史的差异及其控制机制；二是探索叠合盆地前陆褶皱带盐构造及其形成机理，研究库车前陆褶皱带第三系盐构造样式，建立库车前陆褶皱带盐构造地质模型和解释模型，分析前陆挤压环境下盐构造有效应力分布；三是确定叠合盆地基底-盖层统一变形特征与构造模式，研究塔里木盆地盖层多期变形特征及其构造定格，分析塔里木盆地壳幔结构、基底断裂系统和基底构造形态，研究塔里木盆地基底构造变化与盖层变形响应样式和构造模式。

所谓叠合盆地(superimposed basin)，是指经历了多期构造变革、由多个单型盆地经多方位叠加复合而形成的具有复杂结构的盆地。在长期的发展演化过程中，叠合盆地具有多期成盆、多期成烃和多期成藏的特征，决定了这类盆地具有复杂的构造变形特征、油气成藏模式和油气分布规律。为了揭示中国典型叠合盆地构造应力场与变形特征，在国家973计划课题实施过程中，围绕973计划项目研究的总体目标，以塔里木盆地为重点，集中研究了塔中和塔北早古生代碳酸盐岩的后期改造、前陆褶皱-冲断带盐构造及其应力场特征、台盆区基底与盖层统一变形及古隆起的演化史。

塔里木盆地经历了多期构造变革，并在喜马拉雅期构造变动中最终定格。在不同的地史发展阶段，塔里木盆地具有不同的地球动力学背景，导致了不同的盆地类型、边界条件和盆山耦合形式，产生了不同的构造应力场特征，这种构造转换一方面对早期盆地产生改造作用，另一方面制约后期盆地的演化。探讨关键构造变革期构造转换对早古生代碳酸盐岩盆地的改造及对后期盆地演化的制约，是本书探索的重点科学问题之一。

叠合盆地多期构造变革导致了复杂的变形，这种复杂变形不仅表现在几何学和运动学特征上，还表现在构造变形样式的叠加改造，以及构造变形的不同动力学机制上。对于塔里木盆地，古生代克拉通盆地构造变形相对简单，中生代前陆盆地及盆山过渡带变形复杂，二者具有迥然不同的构造样式。此外，盆地基底作为联系深部壳幔和浅部盖层的桥梁，在很大程度上控制着盖层的变形。如何揭示叠合盆地基底-盖层统一变形特征，是本书探索的另一重点科学问题。

本书针对上述重点科学问题，设置了5章内容。第1章对叠合盆地构造解析和应力

场分析的研究现状和发展趋势作了概述,多期不整合和叠合不整合作为叠合盆地的一个重要特征,已经引起了广泛关注。盐构造或盐相关构造以其构造变形的特殊性和油气保存的重要性,在世界上许多大型含油气盆地有了广泛深入的研究,但在我国研究程度还很低。基底-盖层统一变形和差异变形,涉及叠合盆地深部构造和浅部构造相互作用、相互改造和相互制约。叠合盆地多期构造应力场的判识、分期、方向、大小及其对油气运聚的控制作用,也是人们一直关注并努力探索的研究方向。

第2章探讨了叠合盆地关键构造变革期及其对盆地建造与改造的制约,针对塔里木盆地早古生代海相碳酸盐岩盆地的构造演化和构造变革,讨论了塔里木叠合不整合特征,对塔里木28个不整合进行了判识和对比分析,确定了8个一级不整合和9个二级不整合,探讨了叠合不整合解析方法,用于恢复叠合盆地构造演化历史。提出了盆地演化旋回级别与关键构造变革期的概念,将塔里木划分出4个一级构造旋回、8个二级构造旋回和16个三级构造旋回。针对塔里木古生代碳酸盐岩盆地构造古地貌特征,分析了坡折带构造古地貌对寒武系-奥陶系底部生油岩发育的控制作用,探讨了奥陶纪不整合对加里东古岩溶的控制作用,探讨了构造古地貌对志留系沉积及岩性地层圈闭的控制以及不同时期古隆起的演化规律,指出了不整合圈闭发育的主要地区和油气勘探远景区。

第3章对库车前陆褶皱-冲断带盐相关构造及其形成机理进行了深入分析,建立了前陆褶皱-冲断带盐相关构造地质模型和形成模式,主要包括盐上层、盐下层和盐岩层统一变形构造地质模型,盐推覆构造地质模型,盐枕构造地质模型,塔里木叠合盆地多期盐构造地质模型以及库车拗陷西段盐构造平面综合分带模式和剖面叠加组样式。揭示了前陆挤压区盐相关构造形成机理,提出了前陆挤压环境下盐相关构造的动力学模式,通过物理模拟实验揭示了盐相关构造形成的运动学过程,通过平衡剖面分析和盐岩溶解物理模拟实验揭示了盐相关构造的形成和发育时代,提出构造隆升、挤压推覆、重力滑动、重力扩展作用控制盐相关构造变形,建立了基于上述控制因素的动力学模式。

第4章讨论的是叠合盆地基底-盖层统一变形特征与构造模式,分析了塔里木盆地基底构造特征及对壳幔结构的响应,提出了塔北-库车基底-盖层变形特征与机理;总结了塔西南前陆冲断带与基底构造格局,确定了塔里木西南前陆构造分段性及其成因;分析了先存基底断裂带对早古生代碳酸盐岩变形的控制机制;提出了塔里木基底-盖层统一变形模式。

第5章对库车前陆褶皱-冲断带构造应力场特征进行了讨论,定量恢复了库车前陆褶皱带中新世代构造应力场分布特征,探讨了叠合盆地古构造应力场恢复的技术方法,初步建立了应用泥岩电阻率和声波时差计算西部前陆褶皱-冲断带地应力的统计模型;提出了利用岩石磁组构和声发射方法恢复叠合盆地古构造应力场最大主压应力方位以及主要构造期次与主应力大小的方法;分析了库车前陆褶皱-冲断带构造应力场的油气运聚效应以及构造挤压对库车前陆褶皱-冲断带异常高压的影响。

本书是国家973计划课题组团结协作得出的研究成果。本书前言由汤良杰和贾承造编写;第1章由汤良杰、王英民、曲国胜、曾联波和谭承轩编写;第2章由王英民和刘豪编写;第3章由汤良杰、贾承造、陈书平编写;第4章由曲国胜编写;第5章由曾联波和谭承轩编写。全书由汤良杰和贾承造统编完稿。

本书对叠合盆地构造解析和应力场分析还是一种尝试性的探索,取得的一些认识是初步的,在很多方面还有待于深化:如古生代碳酸盐岩盆地后期构造改造和晚期盆地叠合过程的研究,基底-盖层统一变形和差异变形过程中的继承和改造问题,涉及叠合盆地早期古构造应力场的恢复和转化过程,盐相关构造的演化进程和差异变形机理等。对于叠合盆地多期构造变革对油气保存条件的制约,本书涉及还很少,需要在后续的研究工作中深入探讨。

衷心感谢马宗晋院士为本书作序,在课题研究过程中,始终得到了马宗晋院士的指导和帮助,特别是在盐构造研究、基底-盖层统一变形研究以及构造分带、分段差异变形研究方面,马宗晋院士给予了大量具体的指导和前瞻性的指点。

在 973 计划课题研究和本书编写过程中,得到了国家科技部的支持和指导,项目首席科学家金之钧教授和王清晨研究员、项目专家组和顾问组以及王鸿祯院士、刘光鼎院士、翟光明院士、戴金星院士、汪集旸院士、傅家谟院士、王铁冠院士、朱日祥院士、贝丰教授、张一伟教授、刘和甫教授、李思田教授、王乃举研究员、李任伟研究员和彭平安研究员等给予了热情指导和帮助,参与研究工作的还有周立发教授、余一欣、李明杰、王子煜、万桂梅、金文正、郭兵、崔泽宏等,塔里木油田分公司为课题研究提供了大量基础地质资料和勘探资料,“中国典型叠合盆地油气形成富集与分布预测”(G1999043300)项目办公室的吕修祥教授、姜振学教授、王聿萍老师以及中国石油大学(北京)盆地与油藏研究中心办公室的刘红英、陆晓燕等给予了诸多帮助,著者在此一并致以诚挚的谢意。

书中的观点和资料不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

丛书序一	
丛书序二	
丛书前言	
本书序	
本书前言	
1 研究现状与发展趋势概述	1
1.1 叠合不整合及其相关问题	1
1.2 盐相关构造	3
1.3 基底-盖层统一变形	5
1.4 构造应力场	7
2 叠合盆地关键构造变革期及其对盆地建造与改造的制约	10
2.1 塔里木盆地不整合研究	10
2.2 叠合盆地多旋回古隆起特征与演化	29
2.3 塔里木盆地早古生代构造古地貌特征与演化	44
2.4 塔里木盆地台盆区构造控油气规律探讨	49
3 库车前陆褶皱-冲断带盐相关构造及其形成机理	54
3.1 库车前陆褶皱-冲断带及邻区地质概要	54
3.2 库车前陆褶皱-冲断带盐相关构造样式及地质建模	58
3.3 盐相关构造平衡剖面分析	68
3.4 盐相关构造物理模拟实验	73
3.5 盐相关构造油气聚集规律和分布预测	77
4 叠合盆地基底-盖层统一变形特征与构造模式	81
4.1 塔里木盆地基底构造特征及其对壳幔结构的响应	81
4.2 塔北-库车拗陷基底-盖层变形特征与机理	87
4.3 塔西南前陆冲断带与基底构造格局解析	92
4.4 先存基底断裂带对早古生代碳酸盐岩变形的控制机制	105
4.5 塔里木盆地基底与盖层变形构造模式	111
5 库车前陆褶皱-冲断带构造应力场特征	113
5.1 叠合盆地古构造应力场恢复方法探讨	113
5.2 库车前陆褶皱-冲断带构造应力场分布特征	120
5.3 库车前陆褶皱-冲断带构造应力场的油气运聚效应	127
5.4 构造挤压对库车前陆褶皱-冲断带异常高压的影响	130
主要结论与问题讨论	141
主要参考文献	144