

沉积盆地动力学与能源矿产研究进展丛书



丛书主编 刘池洋

新疆焉耆盆地原始面貌 恢复及油气赋存

陈建军 刘池洋 姚亚明 著



科学出版社

沉积盆地动力学与能源矿产研究进展丛书

丛书主编 刘池洋

新疆焉耆盆地原始面貌恢复 及油气赋存

陈建军 刘池洋 姚亚明 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

焉耆盆地为改造残留的小型盆地，后期强烈构造变格及强烈剥蚀制约了对焉耆盆地发生、发展和消亡过程的认识。本书以改造盆地为指导思想，以野外露头 and 大量的裂变径迹分析为主线，结合现今盆地构造格局和残留中生代主要地层中岩石矿物及沉积环境研究，与周邻中生代盆地地层、沉积相及烃源岩进行综合对比，系统地探讨了焉耆盆地周缘各山体隆升时限、中生代原始面貌及其演化和后期改造特征，同时分析了油气藏赋存条件与成藏特点。

本书内容体现了改造盆地研究思路及使用的方法和手段，同时对盆地油气特征进行了分析，可作为从事含油气盆地、改造盆地及区域地质构造研究的科研人员、高校教师和研究生学习和研究的参考书；也是能源矿产类勘探研究院所、各大石油公司下属各油田和地方性石油公司、油气田研究人员学习和研究的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

新疆焉耆盆地原始面貌恢复及油气赋存/陈建军, 刘池洋, 姚亚明著.
—北京: 科学出版社, 2017.6

(沉积盆地动力学与能源矿产研究进展丛书/刘池洋主编)

ISBN 978-7-03-053044-8

I. ①新… II. ①陈…②刘…③姚… III. ①含油气盆地-油气藏形成-研究-新疆 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 117915 号

责任编辑: 孟美岑—胡晓春 陈姣姣/责任校对: 王晓茜

责任印制: 肖 兴/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

*

2017年6月第一版 开本: 787×1092 1/16

2017年6月第一次印刷 印张: 20 1/4

字数: 455 000

定价: 158.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

沉积盆地动力学与能源矿产

——代丛书前言

1. 沉积盆地在地学研究中的重要地位

地球表面可分为大陆和大洋两大地貌-构造单元,其中海洋总面积约占地球表面总面积的71%。从地貌形态和正在接受沉积等方面考虑,大洋似可看作一种特殊的巨型沉积盆地或由若干个沉积盆地组成的超级沉积盆地(群),故又常被称作大洋盆(地)。

大陆由沉积盆地、造山带和地盾三种属性不同的构造单元所构成。其中沉积盆地所占面积最大。据统计,海拔在500 m以下的平原和丘陵,约占陆地总面积的52.2%,大部为沉积盆地;其中海拔低于200 m的平原面积约占一半,几乎全为正在沉降、接受沉积的冲积平原或三角洲和湖盆,即正在发展的沉积盆地。在海拔500 m以上的山地和高原,仍有较大面积为沉积盆地所占据。若将经后期改造但仍有沉积矿产勘探远景的残留沉积盆地(体)计算在内,盆地的面积约占大陆总面积的4/5。

因而,无论在世界地质和地球动力学,还是在大陆地质和大陆动力学研究中,沉积盆地均处于极为重要的地位。

盆地沉积翔实地记录了地球最外圈层的演化历史和地质作用、气候与环境演变;此记录时间连续、信息丰富。其中大多数盆地仍较好地留存有其形成演化的深部结构特征,从而可弥补诸多造山带深部已“脱胎换骨”而难以反映其形成的深部动力环境之不足。

沉积盆地是一个聚宝盆,蕴藏着丰富的、人类必需的多种矿产资源:如水、油、气、煤、膏盐等非金属矿产,铀矿、铅锌矿等金属矿产;同时也是人类衣食原料的主要生产地。沉积盆地为沉积矿产赋存的基本单元和成藏(矿)的大系统。在盆地形成、演化和后期改造过程中,这些矿产同盆成生共存、聚散、成藏(矿)和定位。

沉积盆地是人类生息、活动的主要场所。目前世界人口的90%集中居住在海拔400 m以下的平原、大河中下流域、环湖和沿海附近盆地分布的地域。在海拔400 m以上的地区,人类主要居住在山间盆地和高原洼地。这些地区通常又是地震、滑坡、泥石流、地裂缝和海啸等自然灾害多发区。人类的活动和集中居住,也影响局部及区域气候和环境的变化,同时带来地表和地下不同程度、多种形式的环境污染。这一切对人类生存环境形成威胁的自然现象和人为行为,其威胁的特点和程度又因盆地地质特征的不同而有别。

所以,近三十多年来,地球科学从基础理论研究,矿产及水资源勘探利用、保护,改善人类生存环境三方面,不约而同地将关注的焦点和研究的热点转向沉积盆地。集地球科学研究和应用的这三大领域(科学研究、物质需求、生存环境)为一体、且均居重要地位者,惟有盆地。沉积盆地从来没有像今天这样得到学术界、工业界和政府部门的广泛重视。在世界和美国等发达国家的地学研究计划中,沉积盆地均处于极为重要的位置。

2. 能源矿产赋存与沉积盆地动力学

随着砂岩型铀矿在铀矿资源中地位和重要性的迅速提高,油、气、煤、铀等重要能源矿产主要赋存在沉积盆地中已成为不争的事实。油、气、煤和铀在世界各国的能源结构、政治、军事、经济发展、社会进步和国家安全等方面均处于十分重要的地位。世界各国均对其高度重视。

我国现已成为全球第二大石油消费国。2004年净进口原油和成品油 1.4365×10^8 t(其中原油 1.1723×10^8 t),原油进口依存度超过国际石油安全警戒线(40%)。我国目前探明的煤炭、天然气和铀矿储量的规模和质量,也难以适应经济快速发展的需求。“开源节流”和多种能源之间的互补和替代,是缓解我国短缺能源供求矛盾、减少石油进口的有效途径。否则,将会直接威胁到国家的安全,也势必影响我国经济的持续发展。

能源盆地是沉积盆地的主要组成部分,它以其展布面积大、发育时间长而在地球动力学研究中占有更为重要的地位。大中型沉积盆地的形成、发展、演化和改造,总体受地球深部系统内动力地质作用的控制;而盆地内沉积物的充填、埋藏和成岩,则是在盆地形成的统一动力学背景下,总体受地球表层系统(岩石圈浅表层、水圈、大气圈和生物圈)外动力地质作用(风化、生物、剥蚀、搬运、沉积、成岩等)的制约。沉积矿产在此过程中于盆地内成生、共存、聚散、成藏(矿)和定位。所以,沉积盆地将地球深部系统的内动力地质作用和地球表层系统的外动力地质作用有机耦合,自然构成了一个各圈层内、外地质动力相互作用的统一盆地动力学系统;此系统的活动虽有其相对独立性,但总体属地球动力学大系统的重要组成部分——此即为笔者理解的盆地动力学内涵。

沉积盆地动力学系统就是诸多沉积矿产同盆成生、赋存、成藏(矿)的统一动力学背景和成藏(矿)大环境。只有将多种能源矿产置于盆地形成、演化和改造的统一动力学背景之中,才可能揭示其同盆共存富集的基本规律和成藏(矿)机理及其主控因素。

中国大陆活动性强,地球动力学环境因地而异、复杂多变,造就了中国盆地类型多样,地质构造特征复杂,矿产资源丰富而特色鲜明。这虽增加了研究的难度,但却为我国学者提供了产生具中国盆地和矿产资源特色的前沿创新成果、实现科学重大突破的良好条件和机遇;从而为丰富和发展世界盆地动力学和能源地质相关科学理论做出贡献。

为了推动沉积盆地动力学研究的深化并与我国能源矿产实际密切结合,及时交流研究进展,笔者主编和组织撰写了《沉积盆地动力学与能源矿产研究进展丛书》。丛书以国家973项目和其他相关重要项目的研究成果和理论总结为主体;分析实例涉及国内外,重点解剖中国盆地;研究内容涵盖大地学,突出盆地和能源矿产;选题力求反映该领域的研究现状、进展和发展趋势;并触及其薄弱环节、存在问题及可能解决的途径。

本丛书以西北大学含油气盆地研究所提出的盆地动力学研究系统和倡导的“整体、动态、综合”研究原则为指导思想。对各作者的具体研究思路、学术观点、撰稿特色和文笔风格不求统一,且尽可能保留原貌;体现科学民主、学术自由。

预祝丛书顺利出版和各部著作相继问世,为繁荣和发展盆地与能源研究做出贡献。在此,谨向帮助、关心和支持本丛书出版的所有人士致以诚挚的谢意。

刘池洋

2005年盛夏于西北大学

前 言

油气赋存于沉积盆地之中。一般而言,大中型沉积盆地形成油气条件较为优越,而小型盆地则相对较差,甚至没有油气。由于小型含油气盆地数量少,故对其形成尤为引人关注。

中国沉积盆地众多,其中发现商业油气藏的多为大中型盆地,也有小型盆地。新疆地区的焉耆盆地为其中小型含油气盆地之一。

刘池阳^①教授先后承担了中国石化股份有限公司油田事业部油气勘探先导项目“新疆焉耆-孔雀河及邻区中生代原型盆地与构造演化研究”、中国石油化工股份有限公司河南油田分公司项目“焉耆盆地油气藏形成条件研究”和国家自然科学基金项目“酒泉盆地群发育和油气成藏对青藏高原形成演化的响应”(40372096)等。从而使笔者有缘作为研究骨干对焉耆盆地展开多方面解剖式重点研究。

焉耆盆地位于南天山,处于塔里木、准噶尔和吐哈三大盆地之间,面积为 $1.3\times 10^4\text{km}^2$;现存沉积地层主要为侏罗系和新生界。自1993年开始对焉耆盆地开展规模性油气勘探,发现并探明两个油田(宝浪、本布图)、四个含油区块(宝中、宝北、本布图、本布图东)。侏罗系是盆地含油气层,至2015年年底,总探明储量 $2882\times 10^4\text{t}$ 。

焉耆盆地油气勘探目的层为侏罗系,主要分布于盆地南部的博湖拗陷和南缘推覆构造带中,分布面积为 5800km^2 ,其面积仅为盆地总面积的43.2%,而且现今总探明储量仅为盆地资源量的9.2%。

中国所处的大地构造位置决定了中国及周邻沉积盆地大多后期改造强烈,致使盆地主要沉积时期的原始面貌古今迥异,这必然影响对盆地发生、发展和演化的认识,相应地会影响对该盆地的油气勘探。现今焉耆盆地侏罗系与新生界呈不整合接触,盆地西、南缘无边缘相沉积;南缘库鲁克塔格山残留中生代地层。这表明,盆地于中生代晚期开始遭受强烈的后期改造,现今属改造残留盆地。

剔去后期改造的影响,恢复盆地改造前的原始沉积面貌,是改造盆地研究及油气勘探的重要内容。但此方面的恢复难度颇大,目前尚无成熟、系统的研究理论及方法。多年来西北大学刘池阳教授在此方面进行了长期的探索,对改造盆地及其原始面貌恢复已提出和形成了较为系统的研究思路、理论和方法。本书以此改造盆地研究与评价理论和程式为指导思想,坚持整体、动态、综合的盆地研究总则,展开对焉耆盆地的研究。

根据焉耆盆地的实际地质情况,以大量的磷灰石和锆石裂变径迹分析为主线,结合现今盆地构造格局和残留中生代主要地层中岩石矿物所反映的物源和沉积环境信息,与

^① 笔名刘池洋

周邻中生代盆地或残留地层进行综合对比,系统地研究焉耆盆地周缘各山体的隆升时限,对焉耆盆地中生代原始面貌进行恢复研究;同时采用多种方法和资料对研究结果进行印证和约束,进而研究焉耆盆地油气赋存条件和动态成藏过程。

本书共八章。第一章介绍焉耆盆地区域地质构造、地球物理场背景、盆地基底组成和结构、盆地构造单元及其特征、盖层特征等盆地基本地质特征。第二章根据焉耆盆地周缘露头观察及实测剖面、盆地周缘山体(北缘红山、东缘库米什白虎山、西缘霍拉山和南缘库鲁克塔格山)磷灰石和锆石裂变径迹分析、MT 资料和盆地地震剖面等资料,探讨周缘山体隆升时限和盆地西缘和南缘推覆构造分布、形成及演化特征。第三章在盆地断裂构造特征和盆地内部钻井磷灰石和锆石裂变径迹分析的基础上,结合对中生代地层剥蚀厚度的恢复,讨论盆地构造运动期次及改造特征。第四章通过磷灰石裂变径迹等多种方法恢复盆地古地温梯度,确定古地温场特征,探讨现今高地温的成因。第五章综合研究中生界主要地层的沉积环境及演化、岩石矿物特征和恢复后地层厚度特征等资料所反映的古沉积面貌信息,明确焉耆盆地所在地区中生代沉积边界远大于现今残留地层分布范围。第六章通过与焉耆盆地周邻的塔里木盆地库车拗陷、尤尔都斯盆地、库米什盆地的地层、沉积环境和烃源岩等的系统对比,综合前几章的研究,恢复中生代焉耆盆地原始沉积面貌,认为该区处于中生代塔里木盆地北区边部,属塔里木盆地的组成部分;进而探讨焉耆盆地演化改造对新疆地区区域地质研究的意义。第七章主要从烃源岩组成及空间分布、有机地球化学特征、油源对比等方面,讨论侏罗系煤系烃源岩有机地球化学特征。第八章根据油气赋存特征、油气成藏期次、油气成藏单元和典型油藏类型分析,总结焉耆盆地油气藏赋存条件与成藏特点。

本书是陈建军、姚亚明的研究生学位论文和两期焉耆盆地科研项目成果的凝练和总结,根据刘池阳教授提出的编撰思路和编写大纲进行。其中第一章、第二章和第三章由陈建军执笔,第五章和第六章由刘池洋、陈建军执笔,第四章、第七章和第八章由姚亚明及陈建军执笔,全书由陈建军、刘池洋统稿。

借本书出版之际,谨向给予支持和帮助的中国石油化工股份有限公司河南油田分公司的同仁表示诚挚的谢意。同时,感谢提供帮助的所有同行和其他人士。

作者虽尽力为之,但书中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者

2016年12月20日

目 录

沉积盆地动力学与能源矿产——代丛书前言

前言

第一章 盆地区域地质构造	1
第一节 研究概况	1
一、勘探简史	1
二、盆地研究现状	3
第二节 区域地质构造与地球物理场背景	5
一、区域地质背景	5
二、区域地球物理场	5
三、焉耆盆地地球物理场	6
第三节 盆地基底组成和结构	11
一、基底组成	11
二、基底形成与演化	13
三、基底结构	15
第四节 盆地构造单元及其特征	17
一、构造单元划分	17
二、构造单元基本特征	18
三、构造分带及其展布特点	20
第五节 盖层特征	23
一、中生代地层	23
二、新生代地层	25
第二章 周缘山体隆升时限及推覆构造	27
第一节 盆地周缘山体隆升时限与速率	27
一、周缘山体磷灰石表观年龄	27
二、裂变径迹年龄分区	29
三、总体特征	53
四、盆地周缘山体抬升速率	55
第二节 盆地周缘推覆构造	56
一、褶皱构造	57
二、电性 (MT) 剖面特征	59
三、推覆构造	63

第三章 焉耆盆地构造与改造	75
第一节 盆地构造特征	75
一、断裂构造	75
二、演化剖面特征	84
三、盆地及周邻地区张性构造证据	87
第二节 盆地内部裂变径迹年龄特征	88
一、磷灰石年龄分析	88
二、锆石年龄分析	103
第三节 地层剥蚀与剥蚀厚度恢复	111
一、中生代地层遭剥蚀证据	111
二、剥蚀厚度恢复	116
第四节 构造运动期次及改造	120
一、构造运动期次	120
二、盆地改造特征	121
三、盆地属性	126
第四章 盆地地温场特征及其热演化	128
第一节 现今地温梯度及其影响因素	128
一、现今地温梯度	128
二、现今地温梯度变化规律	130
三、高地温梯度原因分析	131
第二节 古地温及古地温梯度恢复	132
一、侏罗系古地温确定	132
二、与相邻盆地的对比	137
第五章 盆地中生代沉积特征与原始沉积边界探讨	139
第一节 沉积环境及沉积特征	139
一、沉积环境标志分析	139
二、中上三叠统小泉沟组	142
三、下侏罗统八道湾组	144
四、下侏罗统三工河组	146
五、中侏罗统西山窑组	149
六、与邻区对比	153
第二节 岩石矿物特征与沉积边界	154
一、岩石矿物特征分析意义	155
二、岩石矿物特征分析	156
三、古物源分析	174
四、岩石矿物搬运距离对盆地沉积边界的启示	176
第三节 盆地地层厚度与沉积边界关系	179
一、残留地层厚度对盆地沉积边界的启示	179

二、中生代地层等厚线走向趋势法对盆地沉积边界的启示·····	179
第六章 焉耆盆地原始面貌恢复及演化 ·····	185
第一节 与周邻中生代盆地地层对比 ·····	185
一、库车拗陷·····	185
二、库米什盆地·····	187
三、尤尔都斯盆地·····	187
四、孔雀河斜坡·····	187
五、有关启示·····	188
第二节 与周邻中生代盆地沉积相对比 ·····	189
一、库车拗陷·····	189
二、尤尔都斯盆地和库米什盆地·····	191
三、孔雀河斜坡·····	191
第三节 与周邻中生代盆地烃源岩对比 ·····	196
一、库车拗陷·····	196
二、有关启示·····	201
第四节 焉耆盆地原始面貌探讨 ·····	203
一、烃源岩对比·····	203
二、焉耆盆地中生代原始面貌·····	203
第五节 焉耆盆地演化及其区域地质意义 ·····	213
一、焉耆盆地演化·····	213
二、区域地质意义·····	217
第七章 侏罗系煤系源岩有机地球化学特征及评价 ·····	222
第一节 烃源岩类型及空间展布 ·····	222
第二节 煤系源岩有机显微组分组成及生烃机理 ·····	227
一、显微组分组成·····	227
二、生烃机理·····	228
第三节 烃源岩的有机地球化学特征 ·····	230
一、有机质丰度·····	230
二、有机质母质类型·····	230
三、有机质热演化·····	233
第四节 油源对比研究 ·····	240
一、油及各类源岩的碳同位素特征·····	240
二、原油及各类源岩的生物标记物组成特征·····	242
三、油源对比结果·····	246
第八章 油气藏赋存条件与成藏特点 ·····	249
第一节 油气赋存条件 ·····	249
一、储层特征及周邻盆地对比·····	249
二、烃源岩及与周邻盆地对比·····	254

三、盖层及储盖组合	259
四、圈闭特征与形成演化	263
第二节 油气成藏期次	266
一、烃源岩埋藏-改造史与热演化	266
二、矿物流体包裹体分析	267
三、储层自生伊利石年代学分析	269
四、油气成藏期次综合分析	270
第三节 油气成藏单元与含油气系统划分	271
一、油气成藏单元划分	271
二、含油气系统分析	272
第四节 油气藏特征与典型油气田(藏)	277
一、油气藏特征	277
二、典型油气田(藏)	279
第五节 油气成藏主控因素	294
一、储盖组合	294
二、生烃中心距离	294
三、断层发育及封闭性	295
四、后期构造改造强度	297
参考文献	299

CONTENTS

The dynamics of sedimentary basins and energy minerals

Preface

Chapter 1 Basin geological structure	1
1.1 Research overview	1
1.1.1 Exploration history	1
1.1.2 Basin research tatus	3
1.2 Regional geology and geophysical fields background	5
1.2.1 Regional geological background	5
1.2.2 Regional geophysical fields	5
1.2.3 Geophysical fields of Yanqi Basin	6
1.3 Basement composition and structure	11
1.3.1 Basement composition	11
1.3.2 Basement formation and evolution	13
1.3.3 Basement structure	15
1.4 Structural units and characteristic of basin	17
1.4.1 Division of tectonic units	17
1.4.2 Characteristics of tectonic units	18
1.4.3 Zoning of structures and its distribution	20
1.5 Cap rock characteristics	23
1.5.1 Mesozoic stratum	23
1.5.2 Cenozoic stratum	25
Chapter 2 Uplifting time of mountains around basin and nappe structures	27
2.1 Uplifting time of mountains around basin and rate	27
2.1.1 Apparent age of apatite from mountains around basin	27
2.1.2 Division of fission track age	29
2.1.3 General characteristics	53
2.1.4 Uplifting rate of mountains around basin	55
2.2 Nappe structures around basin	56
2.2.1 Fold structure	57
2.2.2 Electric profile characteristics	59
2.2.3 Nappe structures	63
Chapter 3 Tectonics and transformation of Yanqi Basin	75

3.1	Basin tectonic characteristics	75
3.1.1	Faulted structures	75
3.1.2	Evolution profiles	84
3.1.3	Extensional tectonic in basin and adjacent region	87
3.2	Fission track age in basin	88
3.2.1	Apatite age analysis	88
3.2.2	Zircon age analysis	103
3.3	Strata denudation and erosion thickness restoration	111
3.3.1	Erosion evidence of Mesozoic stratum	111
3.3.2	Erosion thickness restoration	116
3.4	Tectonic movement stage and transformation	120
3.4.1	Tectonic movement stage	120
3.4.2	Transformation characteristics of basin	121
3.4.3	Basins attribution	126
Chapter 4 Basin temperature field and thermal evolution		128
4.1	Current geothermal gradient and influence factor	128
4.1.1	Current geothermal gradient	128
4.1.2	Change of current geothermal gradient	130
4.1.3	Analysis of high geothermal gradient	131
4.2	Paleotemperature and its restore	132
4.2.1	Confirmation of Jurassic paleotemperature	132
4.2.2	Comparison with adjacent basin	137
Chapter 5 Sedimentary features and original sedimentary boundary in Mesozoic		139
5.1	Sedimentary environment and characteristics	139
5.1.1	Analysis of sedimentary environment indicator	139
5.1.2	Middle-upper Triassic Xiaoquangou Formation	142
5.1.3	Lower Jurassic Badaowan Formation	144
5.1.4	Lower Jurassic Sangonghe Formation	146
5.1.5	Middle Jurassic Xishanyao Formation	149
5.1.6	Comparison with adjacent areas	153
5.2	Rock mineral property and sedimentary boundary	154
5.2.1	Research significance of rock mineral property	155
5.2.2	Analysis of rock mineral property	156
5.2.3	Analysis of palaeosource	174
5.2.4	Enlightenment to sedimentary boundary from carrying distance of rock mineral	176
5.3	Relationship between strata thickness and sedimentary boundary	179
5.3.1	Enlightenment to sedimentary boundary from residual strata	179
5.3.2	Enlightenment to sedimentary boundary from isopach trend of Mesozoic strata	179

Chapter 6 Appearance of original sediment and evolution in Yanqi Basin	185
6.1 Comparison with adjacent Mesozoic formation	185
6.1.1 Kuqa Depression	185
6.1.2 Kumux Basin	187
6.1.3 Yourdusi Basin	187
6.1.4 Kongquehe Slope	187
6.1.5 Some revelation	188
6.2 Comparison with adjacent Mesozoic sediment	189
6.2.1 Kuqa Depression	189
6.2.2 Yourdusi Basin and Kumux Basin	191
6.2.3 Kongquehe Slope	191
6.3 Comparison with adjacent source rocks of Mesozoic basin	196
6.3.1 Kuqa Depression	196
6.3.2 Some revelation	201
6.4 Discussion on original appearance of Yanqi Basin	203
6.4.1 Comparison with source rocks	203
6.4.2 Mesozoic original appearance of Yanqi Basin	203
6.5 Evolution of Yanqi Basin and regional geological significance	213
6.5.1 Evolution of Yanqi Basin	213
6.5.2 Regional geological significance	217
Chapter 7 Organic geochemical characteristics and evaluation of Jurassic coals source rocks	222
7.1 Types and spatial extension of source rock	222
7.2 Organic maceral microscopic group of coal source rocks and hydrocarbon generation mechanism	227
7.2.1 Maceral microscopic group	227
7.2.2 Hydrocarbon generation mechanism	228
7.3 Organic geochemical characteristics of source rocks	230
7.3.1 Organic matter abundance	230
7.3.2 Parent type of organic matter	230
7.3.3 Thermal evolution of organic matter	233
7.4 Research on oil-source correlation	240
7.4.1 Carbon isotope characteristics of oil and source rocks	240
7.4.2 Biomarkers characteristics of oil and source rocks	242
7.4.3 Results of oil and source correlation	246
Chapter 8 Existence condition of hydro-carbon reservoir and characteristics of reservoir-formation	249
8.1 Existence condition of oil and gas	249

8.1.1	Reservoir characteristic and comparison with adjacent basin	249
8.1.2	Source rock and comparison with adjacent basin	254
8.1.3	Cap rock and reservoir-cap association	259
8.1.4	Trap characteristics and formation and evolution	263
8.2	Hydrocarbon accumulation stage	266
8.2.1	Burial-transformation history and thermal evolution of source rock	266
8.2.2	Analysis of mineral fluid inclusions	267
8.2.3	Analysis of authigenic illite age	269
8.2.4	Comprehensive analysis of hydrocarbon accumulation stage	270
8.3	Petroleum accumulation unit and division of petroleum system	271
8.3.1	Division of petroleum accumulation unit	271
8.3.2	Analysis of petroleum system	272
8.4	Characteristics of oil and gas pools and typical oil-gas field (pool)	277
8.4.1	Characteristics of oil and gas pools	277
8.4.2	Typical oil-gas field (pool)	279
8.5	Major controlling factors of petroleum accumulation	294
8.5.1	Reservoir-cap association	294
8.5.2	Distance from hydrocarbon generation center	294
8.5.3	Fault and its sealing	295
8.5.4	Late transformation intensity	297
References		299

焉耆盆地现今是一个中生代中小型山间盆地，其形成演化与天山地区及塔里木盆地北部地区地球物理场密切相关。地球物理场空间分布是深部结构的间接反映，对研究盆地形成演化的区域地球动力学背景，尤其是沉积盆地油气形成、演化与运移聚集的构造条件分析，将是重要的基础资料，并为盆地多因素成因分析提供关键性深部约束信息。

第一节 研究概况

焉耆盆地是新疆南天山一个小型含油气沉积盆地，西起霍拉山（最高峰海拔 4985 m）、额尔宾山（最高峰海拔 4835 m），东至克孜勒山、铜矿山，北临南天山（最高峰海拔 4562 m）萨阿尔明复背斜，南抵库鲁克塔格山（最高峰海拔 2802 m）。地理范围位于东经 85°30′~88°00′，北纬 41°35′~42°30′，行政区域属新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州境内，包括博湖、焉耆、和静、和硕及库尔勒四县一市。

盆地地势西高东低、北高南低，地面海拔一般为 1050~1200 m。地表条件复杂，有戈壁、沙漠、农田、沼泽、湖泊等多种地貌。其中，盆地中东部的博斯腾湖，湖面海拔 1048 m，东西长约 55 km，南北最宽处约 25 km，面积约 1228 km²，平均水深约 10 m，容积达 99 亿 m³，曾为我国最大的内陆淡水湖泊。

焉耆盆地为一长轴呈北西西向延伸的菱形盆地，东西长 160 km，南北宽 60~90 km，面积为 1.3×10⁴ km²，该盆地四周被大中型沉积盆地环绕，处于塔里木盆地、准噶尔盆地、吐哈盆地和伊犁盆地四大盆地之间（图 1.1）。在南天山，焉耆盆地东连库米什盆地，西邻尤尔都斯盆地。连接尤尔都斯盆地和焉耆盆地的开都河谷，为著名的大峡谷，东西长 120 km，宽仅 200 m；上端海拔 2380 m，出山口下端海拔 1320 m，峡谷倾落差 1060 m。开都河为焉耆盆地内最大河流，流入博斯腾湖。反映盆地中西部高差逾 270 m。

一、勘探简史

盆地自 20 世纪 50 年代末期以来，先后由原石油部门及地矿部门开展了重磁力、航磁、区域地质、地震等区域地质调查和石油地质普查工作。1993 年 9 月中国石油化工股份有限公司河南油田分公司（简称河南油田）开始对焉耆盆地开展规模性油气勘探。1993~1994 年，焉参 1 井首钻发现宝浪油田宝中含油气区块，紧随其后宝 1 井、焉 2 井相继发现宝北、本布图含油区块。1998 年，图 3 井钻探发现本东含油区块，图 301 评价井不

