



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

贾承造 著

中国岩性地层油气藏、
前陆冲断带油气藏与深部油气藏的
地质学特征与勘探实例



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



Springer

国家科学技术学术著作出版基金资助项目

中国岩性地层油气藏、前陆冲断带油气藏 与深部油气藏的地质学特征与勘探实例

贾承造 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



Springer

图书在版编目 (CIP)数据

中国岩性地层油气藏、前陆冲断带油气藏与深部油气藏的地质学特征与勘探实例 / 贾承造著. —杭州: 浙江大学出版社, 2011.12

ISBN 978-7-308-09113-8

I. ①中… II. ①贾… III. ①石油天然气地质—中国
IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 190848 号

浙测地图审[2011]142 号

中国岩性地层油气藏、前陆冲断带油气藏 与深部油气藏的地质学特征与勘探实例

贾承造 著

责任编辑 伍秀芳 张月红

装帧设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州中大图文设计有限公司

印刷 浙江印刷集团有限公司

开本 700mm×1000mm 1/16

印张 25.5

字数 472 千

版印次 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-09113-8

定价 139.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

序

中国石油工业有着悠久和光荣的历史,中国石油勘探家和地质学家在油气勘探历史中做出过重大贡献。在石油工业的发展过程中,石油储量每次上一个大台阶,都伴随着对中国石油地质基本规律认识的一次飞跃。20 世纪 50 年代末,中国在松辽盆地发现大庆油田,伴随着陆相盆地生烃理论的发展,突破了海相油气理论的局限。70 年代末,中国的原油产量达到年产一亿吨,主要是渤海湾盆地的突破,发展了断陷盆地复式油气聚集理论。进入 21 世纪初,中国石油工业进入一个新的历史发展阶段,国民经济快速增长,国内油气供给面临严峻挑战。中国的石油公司在国内进行了大量投资,油气勘探在东部和中西部全面展开。随着天然气勘探取得重大进展,我们面临着全新的形势,油气勘探对象日益多元化,多种类型盆地、复杂类型油气藏、不同勘探程度地区、新老勘探领域都成为勘探的重点和热点。如何针对今后的油气勘探发展新的石油地质理论,指导油气勘探新发现与新突破,保持和提高国内油气稳定供应,是目前摆在石油勘探家和地质学家面前的重大课题,是中国石油地质理论发展与油气勘探面临的挑战和机遇。中国石油工业需要新的石油地质理论和正确的油气勘探战略。

近年来油气勘探中面临的理论挑战、石油工业界勘探实践、层序地层学等国内外新地质理论的引入,以及以地震、钻井为核心的工程技术进步,推动了新一代石油地质理论的形成和发展。笔者认为,新一代石油地质理论正在逐步形成与发展之中,它面对 21 世纪初油气勘探提出的新挑战,集中了近年油气勘探的新发现和新认识,吸取了石油地质基础学科研究新成果。这个可称之为“21 世纪初中国油气地质学勘探理论”的内容框架包括:岩性地层油气藏石油地质与勘探理论;中国中西部油气盆地构造地质、石油地质与勘探理论;陆相前陆盆地冲断带石油地质与勘探理论;叠合盆地中下部组合(深层)石油地质与勘探理论;天然气地质与富集理论;非常

规油气资源地质理论与勘探开发技术;油气资源评价与剩余资源分部预测等。

同时,面对 21 世纪初中国陆上石油勘探面临的资源形势与经济技术条件,笔者认为,21 世纪初我国陆上油气勘探战略是:以岩性地层油气藏、前陆盆地冲断带、叠合盆地中下组合(深层)及老区精细勘探等四个领域,以及松辽、塔里木等七大盆地为主要勘探领域;加强石油勘探,加快天然气勘探,积极推进新盆地、新领域的风险勘探;大力发展应用地震、钻井等新技术;加强地质综合研究与石油地质基础学科研究;重视非常规油气资源与新能源等。

笔者是一个地质学和石油勘探工作者,几乎所有的工作时间都在油气勘探生产现场和野外地质勘查中度过,现在仍乐此不疲。在多年的科学研究与勘探实践中,笔者深深体会到科学新发现来源于现场工作的第一手资料,勘探新思想来源于生产中的找油实践。正是这些科学新发现和勘探新思想,推动着新的石油地质与勘探理论的形成,指导着油气勘探事业的发展。近年来笔者在石油地质研究与油气勘探实践中认真探索耕耘,取得了一些进展与成果,有些成果已受到勘探实践的检验,取得成功,为推动我国陆上油气勘探起了一定作用。但笔者更高兴的是中国石油工业界在近年油气勘探中取得了重大进展。

本书共分四篇,第一篇为中国含油气沉积盆地构造性质、沉积地质、油气地质与油气资源分布特征的整体介绍,包括三章:第一章为中国含油气盆地形成的大地构造背景与演化;第二章介绍了中国含油气盆地的油气资源分布特征与勘探潜力;第三章包括中国油气勘探生产现状、油气资源评价和油气分布规律等。

第二篇阐述了中国岩性地层油气藏的基本地质理论、技术方法和勘探实践,包括第四到第八章:第四章主要介绍中国岩性地层油气藏的储集体类型、圈闭特征与形成的控制因素;第五章讨论了岩性地层油气藏聚集区主要类型与特征,提出了构造—层序成藏组合概念和成藏组合类型划分特征;第六章通过“源内、源上、源下”三种成藏组合的划分、三种组合成藏的控制因素等提出了成藏组合划分与成藏机制;第七章提出了中国四类原型盆地岩性地层成藏特点与分布规律;第八章介绍了二连盆地巴音都兰凹陷

岩性油藏、松辽盆地南部长岭凹陷岩性油藏、鄂尔多斯盆地中生界低渗透砂岩储层岩性油藏、塔中碳酸盐岩礁滩体岩性地层油气藏等成功的勘探案例。

第三篇介绍了构造地质特别复杂的前陆冲断带的石油地质特征与勘探实践,包括第九章到第十章:第九章论述了中国前陆冲断带的石油地质学特征;第十章从库车前陆冲断带油气勘探与克拉2气田的发现、酒泉前陆冲断带油气勘探与青西油田的发现介绍了中国前陆冲断带油气勘探的成功实例。

第四篇介绍了叠合盆地深部以碳酸盐岩、火山岩为储层的油气藏地质特征、资源前景和勘探实例,包括第十一到第十四章:第十一章提出了中国陆上叠合盆地深部油气组合的勘探方向;第十二章介绍了中国碳酸盐岩油气藏地质学特征;第十三章介绍了中国火山岩油气藏地质学特征,并以松辽盆地白垩系火山岩油气系统中无机二氧化碳的地球化学与资源来加以说明;第十四章介绍了塔里木盆地轮南奥陶系油气藏、四川盆地龙岗地区长兴—飞仙关组礁滩气藏、松辽盆地徐家围子断陷白垩系火山岩气田、准噶尔盆地石炭系火山岩气田等叠合盆地深层油气勘探的成功实例。

本书的出版,要感谢中国石油天然气集团公司的大力支持,其下属的中国石油勘探开发研究院、科技管理部提供了许多帮助。这里,我要特别感谢钱凯教授、魏国齐教授、袁选俊教授以及李本亮博士、瞿辉博士、张永峰博士,他们参与编写了部分章节,本书中有他们的贡献。最后感谢浙江大学张月红女士对本书出版的鼓励和帮助,感谢王德勤女士承担了本书英文版的翻译工作。

贾承造

北京,中国

2011年12月

目 录

序	vii
---------	-----

第一篇 中国石油地质学特点与油气资源评价	1
----------------------------	---

第一章 大地构造背景与演化	1
---------------------	---

第一节 中国大地构造格架与地球物理场分布特征	2
------------------------------	---

第二节 前寒武纪克拉通盆地基底形成阶段	4
---------------------------	---

第三节 古生代小陆壳板块漂移和海相盆地沉积	6
-----------------------------	---

第四节 中、新生代陆壳板块拼合聚敛和陆相盆地沉积	12
--------------------------------	----

第五节 喜山期陆内造山与成盆	17
----------------------	----

第二章 中国含油气盆地沉积学	25
----------------------	----

第一节 地层分布与沉积相类型	25
----------------------	----

第二节 生储盖组合特征	43
-------------------	----

第三节 主要含油气盆地沉积演化特征	59
-------------------------	----

第三章 中国油气资源	77
------------------	----

第一节 油气勘探生产现状	77
--------------------	----

第二节 油气资源评价	85
------------------	----

第三节 油气分布规律	97
------------------	----

第二篇 中国岩性地层油气藏	105
---------------------	-----

第四章 主要储集体类型与圈闭特征	105
------------------------	-----

第一节 四类原型盆地发育的主要储集体类型	109
----------------------------	-----

第二节 岩性地层圈闭类型与形成条件	114
-------------------------	-----

第三节 圈闭形成控制因素分析	119
----------------------	-----

第五章 岩性地层油气藏(聚集区)主要类型与特征	127
第一节 构造-层序成藏组合概念与意义	127
第二节 构造-层序成藏组合类型划分与特征	128
第六章 成藏组合划分与成藏机制	151
第一节 “源内、源上、源下”三种成藏组合的划分	151
第二节 三种组合成藏控制因素	153
第七章 四类原型盆地油气成藏特点与分布规律	169
第一节 陆相断陷盆地富油气凹陷“满凹含油”	169
第二节 陆相坳陷盆地“三角洲前缘带控油”	175
第三节 陆相前陆盆地“冲断带扇体控油”	180
第四节 海相克拉通盆地“台缘高能相带控油”	185
第八章 岩性地层油气藏勘探实例	193
第一节 二连盆地巴音都兰凹陷岩性油藏勘探	193
第二节 松辽盆地南部长岭凹陷岩性油藏勘探	200
 第三篇 中国前陆冲断带石油地质特征与勘探实例 ...	209
第九章 中国前陆冲断带石油地质学特征	209
第一节 中国前陆盆地形成的大地构造背景	210
第二节 中国前陆盆地演化与充填的基本类型	227
第三节 中国前陆冲断带构造变形的主要特征	235
第四节 中国前陆冲断带的油气地质特征与成藏规律	244
第十章 中国前陆冲断带油气勘探实例	273
第一节 库车前陆冲断带油气勘探与克拉2气田	273
第二节 酒泉前陆冲断带油气勘探与青西油田	283
 第四篇 中国深部油气藏	293
第十一章 含油气盆地的叠合特征与深部含油气组合的潜力	293
第一节 叠合特征与叠合盆地类型	293
第二节 深部含油气组合地质特征与资源潜力	298

第三节	深部油气组合类型	306
第四节	叠合盆地深部油气勘探方向	312
第十二章	碳酸盐岩油气藏地质学特征	319
第一节	沉积储层特征	319
第二节	碳酸盐岩油气藏形成机理、分布规律和勘探领域	329
第十三章	火山岩油气藏地质学特征	347
第一节	中国含油气盆地火山岩系列分布规律与储层特征	347
第二节	火山岩油气藏成藏控制因素	359
第三节	松辽盆地火山岩油气藏中二氧化碳地球化学特征与资源	364
第十四章	勘探实例	373
第一节	塔里木盆地轮南奥陶系油气藏	373
第二节	四川盆地龙岗地区长兴—飞仙关组礁滩气藏	377
第三节	松辽盆地徐家围子断陷白垩系火山岩气田	383
第四节	准噶尔盆地石炭系火山岩气田	389

第一篇

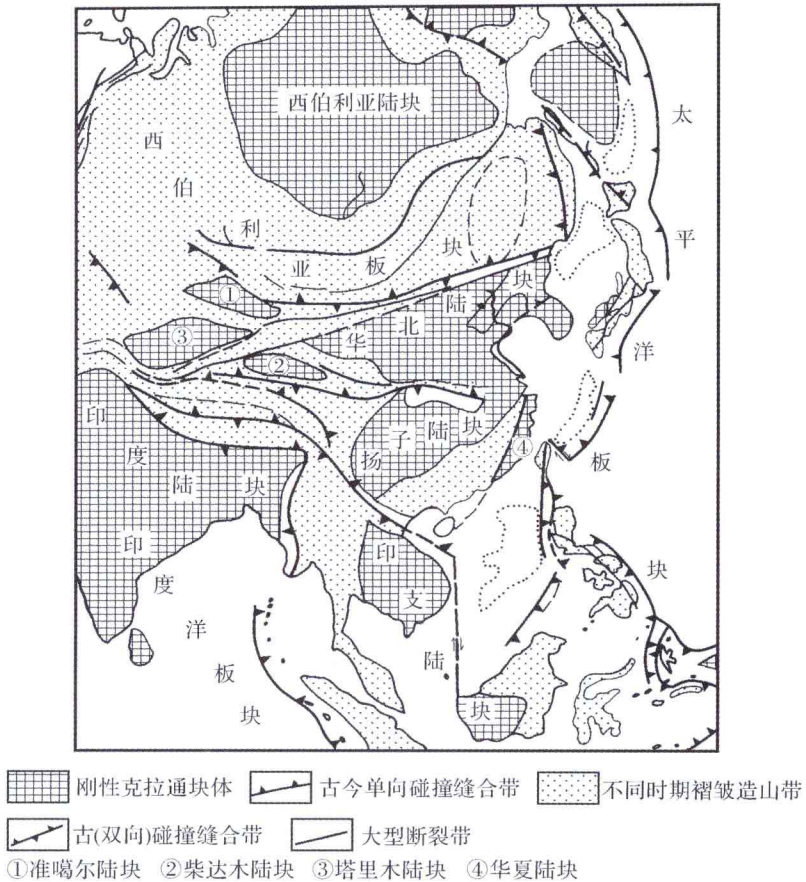
中国石油地质学特点与油气资源评价

第一章 大地构造背景与演化

中国位于欧亚板块南缘、印度板块北缘,东部与太平洋板块以沟—弧—盆体系相隔,介于冈瓦纳与劳亚两个巨型大陆之间。

在地质历史上,中国大陆经过多期解体和拼合,以塔里木、华北和扬子等小型板块为核心,与准噶尔、柴达木、羌塘等 20 多个微地体拼贴而成。古生代中国大陆主体位于古亚洲洋之南,属冈瓦纳大陆的北部边缘;中生代位于特提斯之北,属劳亚大陆的南部边缘。古洋壳消亡与古板块的聚敛决定了中国沉积盆地主要发育在一系列小型古板块之上,经过古生代海相和中新生代陆相两大沉积阶段,现今被代表古生代洋壳性质的天山-阴山、祁连山-秦岭、昆仑山和龙门山、贺兰山等各个时期的造山带环绕(图 1-1)。

中国有 373 个沉积盆地,分布面积达 $548 \times 10^4 \text{ km}^2$;盆地面积大于 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的有 15 个,总面积达 $257 \times 10^4 \text{ km}^2$,主要有松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、准噶尔、柴达木、塔里木等;盆地面积介于 $(1 \sim 10) \times 10^4 \text{ km}^2$ 的有 39 个,总面积约 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。这些沉积盆地主要发育在一系列小板块的前震旦纪酸性、中基性变质岩系基底和古生代褶皱基底之上。中国多期洋盆的消减,多个微板块的拼合,古板块的分离、聚敛与古洋壳的生长和消亡,决定了中国沉积盆地的构造成因和演化过程。中国沉积盆地的形成和构造演化过程主要划分为 4 个阶段。第一阶段,前寒武纪盆地基底形成;第二阶段,古生代小陆壳板块漂移和海相盆地沉积;第三阶段,中新生代陆壳板块拼合聚敛和陆相盆地沉积;第四阶段,印度与亚欧板块碰撞挤压和西太平洋板块俯冲弧后伸展的双重机制控制下的喜山期陆内造山与成盆。



第一节 中国大地构造格架与地球物理场分布特征

中国大陆地区地表构造发育,新构造活动显著。深部地球的变形动力学过程所引发的物质、能量的交换和圈层间相互作用,造就了地表构造的多样性、复杂性和活动性等特征。近十几年来,经过几代地学工作者的努力和投入,开展的包括地震、地热、重力和电磁等地球物理探测手段和层析成像、地学断面填图等技术,在区域岩石圈结构、地震测深和动力学研究方面取得了显著的成果,初步揭示了中国大陆地区的深部构造背景和基本特征(袁学诚,1996;许忠淮等,2003)。

滕吉文等(2002)基于近 30 年来中国大陆地区近 50000km 的人工地

震测深剖面,包括近 2000km 的地震反射剖面 and 邻国及邻近海域的 DSS 资料,绘制了东亚大陆及周边海域 Moho 界面的深度,发现地壳厚度分布呈现出显著的横向差异特征,厚度变化强烈,等值线走向各异。总体趋势为大陆地区周边薄,向内陆逐渐增厚,具有分块特征(图 1-2)。各个块体的边界均以地壳厚度等值线强烈变化的陡梯度带为界,基本上块体内部的地壳厚度较为稳定且分布均匀,但也有块体内部地壳厚度变化较大的。

通过地震层析成像研究中国西北部塔里木、天山和准噶尔盆地的岩石圈速度结构和深部动力学信息,发现塔里木盆地岩石圈厚度约为 200~250km,而准噶尔盆地约为 170km,天山造山带岩石圈厚度接近 150km,岩石圈结构存在强烈的横向差异(胥颐等,2001)。

众所周知,地球物理场特征是地球深部构造的表现,因此通过反演地球物理场特征,就可以揭示该区的深部结构和构造信息。由于地球物理反演的多解性,利用地热、重磁和岩石圈结构等多种地球物理资料进行联合



图 1-2 东亚及临近海域地壳厚度分布图(据滕吉文等,2002)

反演,可以对中国沉积盆地(塔里木、准噶尔、柴达木、鄂尔多斯和四川)进行较为详细的综合地球物理解释,揭示盆地深部构造信息和岩石圈性质。重力和航磁资料分布表明(贾承造,1997;贾承造等,2001),盆地边缘带以密集的重力异常梯度带和高磁异常为特征,而盆地内部则表现为变化平缓、磁异常较低和重力异常高低相间的格局。

沉积盆地的岩石圈具有强烈的非均质性,纵向分层,横向分块。纵向上,岩石圈上地壳为脆性层,发生断裂变形,中、下地壳为韧性层,发生塑性变形和流变,岩石圈上地幔为强度大的脆性层。这一分层变形特征也控制了盆地内部的断层发育,深大断裂沿着壳内滑脱面收敛于中地壳。沉积盖层由于物性和岩石力学性质的差异,也存在一些滑脱面和韧性层,发育大量的断层传播褶皱。横向上,盆地内部整体性能好、变形弱,壳内各界面基本平行且水平,而盆地和山脉交接的边缘带变形强烈,是岩石圈热-流变学的薄弱带,易于在构造应力作用下产生变形。这一特征在重力、航磁和地热等地球物理场有明显的表现。

第二节 前寒武纪克拉通盆地基底形成阶段

沉积盆地基底主要指克拉通盆地的基底。王鸿祯(1985)曾严格地将地台(克拉通)一词限于震旦纪前就已固结、稳定而达到成熟的大陆地壳区,不包含显生宙褶皱区在内的大陆地壳部分,并进一步将其划分为3个阶段:陆核形成阶段、原地台形成阶段和地台形成阶段。

一、陆核形成阶段(早于 2800Ma)

陆核形成是指大规模稳定成熟地壳的形成,主要为灰色片麻岩组成的结晶基底,其形成年代应在 2800Ma 以前。前寒武纪地质研究表明,不论是西伯利亚陆块、北美陆块,或是印度陆块、非洲陆块、西南澳陆块等巨型古陆块,都是由许多大小不同的陆块构成的。大约 30 亿年以前,地球表面表现为一些分散的陆核(古老片麻岩区),随着环绕或叠置其上的花岗绿岩带发生大陆增生作用,巨型古陆块形成。早元古代末期和中元古代末期是它们增生拼合最重要的两个时期,也是劳亚、冈瓦纳古陆形成和拼合成超级大陆的主要时期。

大量研究表明,我国主要地台都由陆核不断裂解和拼合而成,如华北地台中的蓟辽陆核(3720~3650Ma)和陕北陆核、扬子地台中的康定陆核(3100~1700Ma)和黄陵陆核(2850Ma)、塔里木地台中的塔北陆核

(3040Ma)和塔南陆核(2785Ma),这些陆核构成大陆拼合的核心。我国最古老的花岗岩见于华北和塔里木(任纪瞬等,1980;王云山等,1990)。在华北冀东获得 3850~3550Ma、鞍山附近有 3840Ma 同位素地层年龄数据(刘敦一,1991),在甘肃的红柳峡有 3488Ma、塔里木鲁克塔格有 3263Ma 的年龄数据(胡霭琴等,1992)。这些数据表明,华北和塔里木在早太古代就已出现规模不等的古陆核。在这些陆核边缘的很多地方,发现了大量晚太古代火山-沉积岩系,包括各类火山岩、富铝陆源碎屑岩、钙镁质碳酸盐岩和硅铁质岩。陆核间则以绿岩建造为主,花岗岩、混合岩和岩石变质年龄集中在 3000~2500Ma(张渝昌,1997)。

翟光明等(2002)据太古宙—古元古代岩石单元的分布、同位素年代数据、岩石类型及其组合关系、构造变形样式,以及航磁异常特征等信息,认为中国大陆的太古宙古陆块至少可以分为以下几个块体:哈萨克斯坦—准噶尔陆块、华北—塔南—扬子超陆块、阿尔泰地块、松辽地块、华夏地块、冈底斯地块、喜马拉雅地块等,并指出华北、塔南、扬子地体在太古宙中期和晚期,可能是分散的古陆核。它们在新太古代末阜平运动期间,受统一应力场作用,形成了一个总体走向 NW-SE 或近 EW 的统一超陆块。

二、克拉通盆地基底形成阶段(2800~800Ma)

中国大陆主要经历吕梁旋回和晋宁旋回,通过陆核增生和拼合进一步形成原地台和地台,如华北地台(约在 1800Ma 形成)、扬子地台(约在 1000Ma 形成)和塔里木地台(约在 800Ma 形成),类似于北美地台由陆核向外呈近同心式增长。但中国克拉通面积小,或由于后期裂解漂移到浩瀚大洋之中,最终演变为镶嵌在巨型褶皱带之间的小型克拉通,而不同于北美巨型克拉通及其镶边的褶皱带。因此中国克拉通因具有不稳定性被称为准地台。中国小克拉通的特点更能反映出克拉通内部与大陆边缘的相关性,在沉积层序和变形特征上都有联系,具有更明显的构造旋回与地层旋回的相关性。

华北古陆块主体和塔里木的几个较大的陆块经过构造-热事件已经形成。早元古代末期(1850Ma 左右)发生强烈的构造-热活动,华北古陆块最终固结,中元古界长城系成为华北陆块的沉积盖层或陆内、陆缘裂谷沉积的底部岩系(伍家善等,1991)。华南地区(包括扬子区和华夏区)陆核形成时间比华北和塔里木要晚些。在康滇、鄂西武陵—神农架、江西障公山、福建建宁等地发现的最早的角闪岩相表质岩石,同位素年龄多数在 3200~3000Ma(林金录,1987;马长信,1993;赵宗博,1993;沈渭洲,1993)。早元

古代 2000~1800Ma 是华南地区最重要的地壳形成期(沈渭洲,1993),华夏古陆已基本形成。在上扬子(川中—鄂西)和苏北—南黄海也形成了两个较大的陆块(张渝昌,1997)。这些陆块在中元古代沉积了稳定的陆源碎屑岩(石英质砂岩、富碳铝泥质岩)和镁质碳酸盐岩。陆块间如川滇和摩天岭等地则以裂谷火山-沉积岩为主。

太古代时期以陆核为中心增生华北、华南、塔里木等陆块。进入中元古代以后,随着大陆岩石圈进一步硬化,重新焊接的华北—塔南—扬子陆块范围进一步扩大,并逐渐稳定和变得更加刚性。中元古代早期,逐渐刚性的陆块沿先存韧性剪切带和活动带或褶皱带发生裂解,使得华北、塔南、柴达木、扬子等陆块发生有限规模的拆离,如在华北陆块出现三叉裂陷槽(马杏垣等,1987)。中元古代中、后期至新元古代早期,华北陆块的裂陷作用趋于停止,沉积了一套厚达万米的长城系、蓟县系和青白口系稳定沉积。塔南和扬子陆块在裂陷边缘基础上,发育活动型大陆边缘沉积。如扬子西部边缘的盐边群、会理群、昆阳群沉积代表了这一时期典型的海沟-岛弧-弧后盆地沉积组合(翟光明,2002)。可见,中、新元古代早期华北陆块比塔里木和华南陆块更加稳定。中新元古代中晚期,随着塔南、扬子陆块周缘中元古代活动大陆边缘沉积的褶皱固结,陆块侧向增长,形成连结在一起的塔里木陆块和华南陆块。在元古代,华北陆块与华南陆块的拼接、塔里木陆块与华南陆块的拼接,联合成一个大型古陆(Rodinia),张渝昌(1997)称之为“原中国古陆”,朱夏(1984)认为是超级大陆的中国部分。联合古陆的证据,除了位于拼接带部位的花岗岩年龄、混合岩化年龄和变质年龄外(越宗傅,1995),最重要的是上述陆块在上新元古代末期(震旦纪)沉积了相联系的冰碛岩。至此,中国大陆陆块基底形成,既包括了太古代陆核,又包括了中、新元古代变质褶皱基底,基底岩系组构具复杂性。

第三节 古生代小陆壳板块漂移和海相盆地沉积

中国大地构造演化的长期性和复杂性决定了古生界海相盆地的特殊性和含油气性。20 世纪 70 年代以来,许多地质学家、石油学家从不同角度进行了广泛的探讨。邱中建(1999)认为中国大陆板块从元古代以来经过多期解体和拼合,以塔里木、华北和扬子等小型板块为核心,与准噶尔、柴达木、羌塘等 20 多个微地体拼贴而成。近十余年来,基于以塔里木盆地为代表的古生界海相含油气盆地勘探的深入和大量第一手地质资料的获得,贾承造等通过剖析塔里木盆地的构造地质特征与石油地质特征,结合

中国陆上海相盆地的勘探现状和研究认识,初步揭示了中国海相盆地的构造成因、演化特征与油气地质特征。

一、早古生代板块漂移和海相盆地沉积

新元古代晚期,Rodinia 古陆解体,华北、扬子、塔里木等小陆块裂解出来,被三个相互连通的洋盆——古亚洲洋、古中国洋和原特提斯洋分隔。早古生代早期,这些小陆块还处于南半球的中低纬度区,塔里木、华北和扬子三大板块之间也相距甚远(表 1-1)。以奥陶纪为例,同时处于赤道以南的三个板块之间的经度相差很大,塔里木板块处于东经 181.5°,华北板块位于东经 28.8°,而扬子板块更是位于东经-17.4°,它们之间的距离相隔很远。随后,这些板块向北发生远距离的漂移。早古生代末,这些被大洋分隔的小型板块才趋向拼合,形成中国古大陆的雏形。早古生代,华北和扬子两个古板块当时相距至少有 4000km(李春昱,1982),塔里木、华北和扬子古板块分别漂移在昆仑洋、秦岭—祁连山洋和天山洋之间(图 1-3)。

表 1-1 中国三大古板块古地磁反映的古经纬度数据表(据贾承造,1997)

板块名称	寒武纪		奥陶纪		志留纪	
	经度(°E)	纬度(°N)	经度(°E)	纬度(°N)	经度(°E)	纬度(°N)
塔里木			181.5	-21.2	164.5	12.5
华北	21.9	-24.0	28.8	-21.3		
扬子	-5.2	-3.2	-17.4	-1.0	-4.9	-1.3

塔里木参考点:41.7°N,80.5°E;扬子参考点:29.6°N,103.4°E;华北参考点:37.8°N,112.4°E

震旦纪到早古生代,古板块的主体沉没于海平面之下,克拉通边缘以坳拉槽、被动陆缘或边缘拗陷的盆地相沉积为主,如华北板块北部的燕辽地区、塔里木板块东部的库鲁克塔格坳拉槽、鄂尔多斯盆地的西北部贺兰山坳拉槽。四川盆地西部龙门山地区也可能发育板缘裂陷,致使深水环境下发育了一套富含有机质的泥页岩沉积。有时,克拉通板块内部也发育稳定的深拗陷,沉积具有烃源岩意义的灰质泥岩或泥岩,例如塔里木盆地塔中地区的奥陶系灰质泥岩就属于克拉通拗陷的沉积层序。受洋盆围限的克拉通板块内部以稳定的台地相碳酸盐岩沉积为主。早古生代中晚期,塔里木、四川、鄂尔多斯等克拉通板块稳定沉降,三个古板块同时沉没于海平面之下,以陆表海沉积为主。从克拉通板块内部的隆升区到克拉通板块边缘的洋盆方向,平面上由台内泻湖相、台地白云岩相、台地边缘相及浅海相

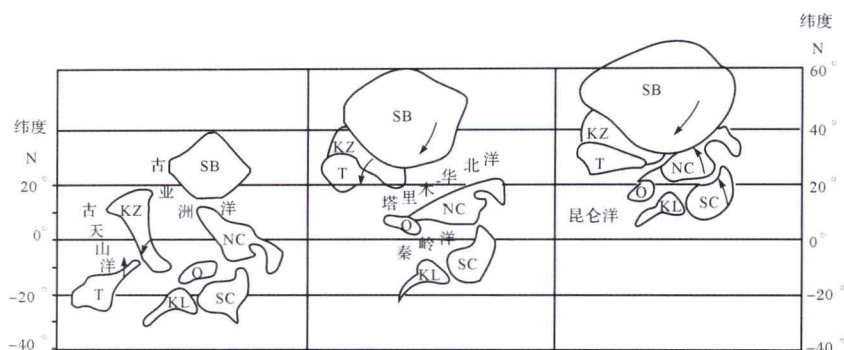


图 1-3 中国及邻区板块构造运动迹向示意图(据李德生等,2002)

SB: 西伯利亚板块; KZ: 哈萨克斯板块; T: 塔里木板块; Q: 柴达木板块;

KL: 中昆仑板块; SC: 扬子板块; NC: 华北板块

组成。台地边缘沉积的生物礁或生屑滩,形成较厚的油气藏储集体。到晚奥陶世,华北古板块出露于水面成为古陆,长期遭受剥蚀;志留纪早、中期,只有塔里木和扬子古板块边缘部分接受浅海相泥质碎屑沉积,晚期均露出洋面成为古陆。古板块出露海面,碳酸盐岩沉积层序遭受剥蚀或大气淡水淋滤,形成风化壳岩溶储集层。同时,发育在古陆壳板块之上的海相沉积层序在加里东运动期间受到周缘洋壳板块的俯冲推挤作用,在板块内部形成古隆起,成为油气运移聚集的有利部位。

二、晚古生代陆壳板块拼合聚敛和海陆交互相沉积盆地形成

从晚石炭世开始,塔里木、华北和扬子等古板块依次向北漂移,分隔这些古板块的南天山洋、北天山洋、贺兰山海槽、昆仑洋、秦岭洋等相继关闭,三大古板块及其间的地体增生在欧亚板块南缘,形成中国古大陆(图 1-3)。中国这些小型克拉通板块成为被海西造山带环绕的稳定陆块,发育广泛的海陆交互相沉积。塔里木—华北板块向哈萨克斯坦—西伯利亚板块拼贴,天山以北形成准噶尔盆地。昆仑—秦岭洋向北俯冲消减,其北侧的塔里木、华北、柴达木等板块上覆海陆交互相—陆相沉积层序。石炭纪,从华夏植物群和石膏等矿产分布判断,华北和塔里木古板块处在热带—亚热带的干旱—潮湿交替低纬度地区;早二叠世末,它们漂移到北半球高纬度区,与西伯利亚板块发生碰撞,随着古亚洲洋的关闭,结束了海侵历史,形成准噶尔陆相盆地;而在昆仑—秦岭以北,则变为中国北方大陆区。这时,扬子古板块还滞留在赤道附近,沉没于海平面下,直到中三叠世,由于古秦岭—大别山洋盆的消亡才拼贴在华北板块的南缘。中三叠世末,金沙江特提斯洋