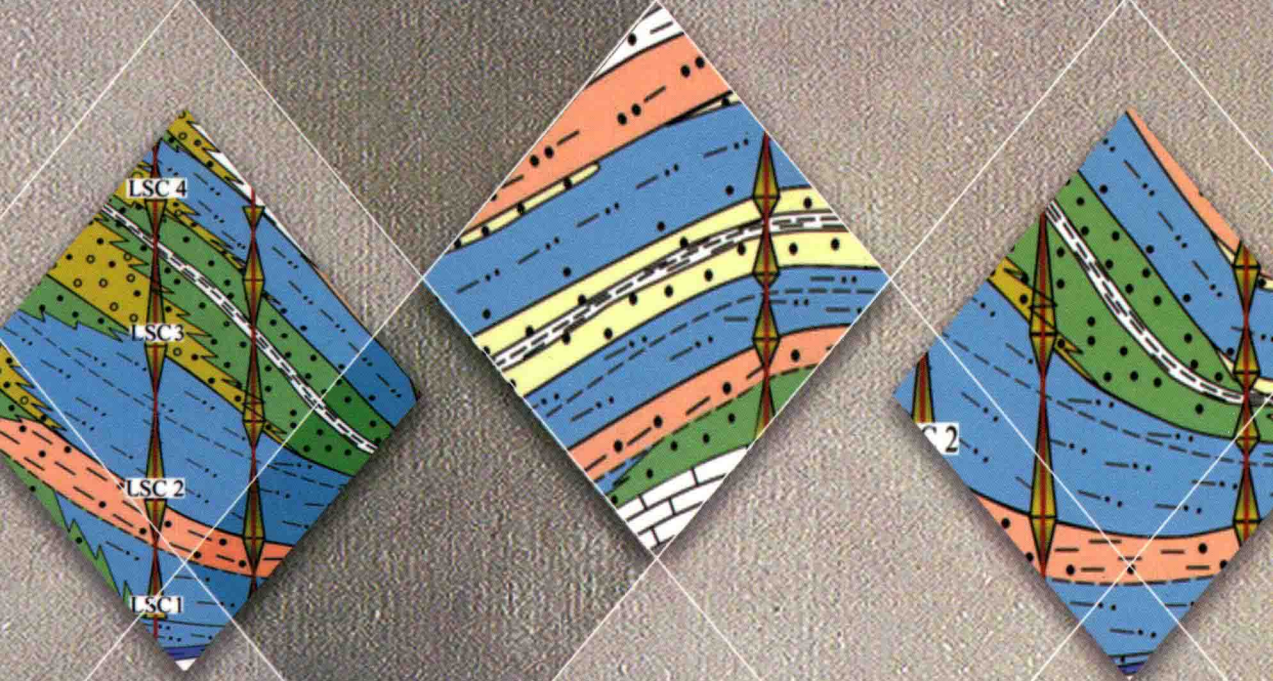


中国海相油气地质系列丛书



中国海相克拉通盆地地质构造

李本亮 杨海军 陈竹新 韩剑发 雷永良 等 著



科学出版社

中国海相油气地质系列丛书

中国海相克拉通盆地地质构造

李本亮 杨海军 陈竹新 等 著
韩剑发 雷永良

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从全球的视角、理论的高度和勘探实践的深度来认识中国海相克拉通盆地的构造地质特征及其对油气藏发育的控制作用;探讨塔里木、鄂尔多斯、四川等克拉通盆地在关键海相沉积期的盆地原型与后期盆地构造演化与改造;研究海相盆地形成的区域构造背景与构造演化,提出海相克拉通盆地形成的三种构造背景。本书重点解剖了克拉通盆地内部古隆起的构造变形特征、构造叠加改造及其控藏作用;最后从克拉通盆地构造的角度提出了中国海相盆地油气勘探的主要方向。

本书可供从事构造地质、含油气盆地分析和油气勘探与生产的地质研究人员、工程师、高校教师和相关专业的研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国海相克拉通盆地地质构造 / 李本亮等著. —北京: 科学出版社, 2015. 11

(中国海相油气地质系列丛书)

ISBN 978-7-03-044718-0

I. ①中… II. ①李… III. ①克拉通-海相-构造盆地-地质构造-研究-中国 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 124214 号

责任编辑: 韦 沁 / 责任校对: 张小霞

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

*

2015 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 11 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 460 000

定价: 178.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

在陆相生油理论的指导下，中国油气勘探取得了丰硕的成果。但是国民经济高速发展对油气能源的需求增加，现有的油气地质储量随着开发的进程而难以为继，于是人们开始把油气勘探的视角投入到更广更深的海相克拉通盆地领域，特别是中国陆上以古生代海相沉积盆地为主的克拉通盆地。进入 21 世纪，中国的油气勘探已经从克拉通盆地边缘的显性构造带转向克拉通盆地内部构造变形更加隐蔽的古隆起、从沉积盆地中浅层的碎屑岩勘探转向克拉通盆地深层碳酸盐岩的勘探。把握现代经济发展的脉搏，在中国陆上寻找新的油气勘探战略接替区，再次掀起中国油气探明储量增长的高潮，这是历史赋予我们的使命。特别是新时期战斗在石油科技与生产一线的研究人员，更需要勇于探索，敢于创新，在稳定的海相克拉通盆地内部去发现潜在的构造和油气田，在复杂的构造中去梳理断裂与裂缝的分布，揭示其对储层发育、烃源岩演化、油气藏形成的控制作用。

该书从全球的视角、理论的高度和勘探实践的深度来认识中国克拉通盆地的构造地质特征及其对油气藏发育的控制作用，探讨了塔里木、鄂尔多斯、四川等中国三大克拉通盆地在关键海相沉积期的盆地原型与后期盆地构造与改造；研究了海相盆地形成的区域构造背景与构造演化，盆地构造变形特征及其构造样式，克拉通盆地内古隆起的构造变形特征、构造叠加改造及其控藏作用；总结借鉴国内外古生界海相克拉通盆地的构造地质理论、认识中国古生界海相盆地的油气勘探潜力、提出客观的油气勘探建议，既是科研工作者奉献理论、现身石油的职责，也是科技人员传承科学、创新发展的荣誉。

在该书的作者中，既有长期从事盆地构造地质研究的学者，也有对中国海相油气勘探事业孜孜以求的专家。他们从中国海相克拉通盆地的科研攻关和勘探实践出发，不断地解决生产难题、总结经验教训、提升地质认识，探索油气构造地质理论来指导勘探生产部署，在理论与实践的反复循环求证中发展海相克拉通盆地的油气构造地质理论。该书理论与实践相结合，在继承中发展；深

度与广度相结合，在综合中有创新；大胆探索，小心求证。该书潜心探索中国海相克拉通盆地的构造地质科学和油气勘探实践，既能传播知识，也能开拓视野。

李永造

前 言

现今世界上油气勘探的主流还是海相地层，北美大陆、西伯利亚、滨里海和中东等地区的主要产油气层位主要在海相盆地中。海相地层可采油气资源达到 6451 亿 t，占全球可采油气资源总量的 72%，陆相地层中可采油气资源量 2491 亿 t，占全球总量的 28%。在经济全球化发展趋势下，长期以来在海相地层油气勘探开发中积累起来的地质理论和勘探技术将积极推动世界各地的海相油气地质勘探，海相盆地油气勘探取得的成果也鼓舞我们不懈地探索。中国古生界海相克拉通盆地分布广泛，沉积地层巨厚，充满诱人的油气勘探前景，但是目前认识到的可采油气资源总量 95 亿 t，仅占全国的 18%。中国石油工业的发展史一直伴随着古生界海相油气勘探行进的步履，期间虽然屡经挫折，但是也有新的发现，特别是近年来我国海相碳酸盐岩勘探正处于大发现期，已经在塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地三个海相克拉通盆地中发现碳酸盐岩大油气田，增储地位日显重要。

中国的海相盆地油气勘探集中在古生界克拉通盆地，对中国古生代克拉通盆地的构造地质认识，过去一直停留在叠置于前寒武纪刚性基底之上的稳定沉积盆地（海相碳酸盐岩地层为主），内部以大型古隆起为基本构造地质特征，但是对于克拉通盆地的构造成因或成盆动力学、克拉通盆地内部古隆起的构造成因与变形特征，认识不多。随着海相克拉通盆地油气勘探的发展和理论认识的需要，不能简单地以“稳定”、“古隆起”等概念来说明克拉通盆地的构造地质特征。克拉通盆地可能由不同构造成因的盆地类型叠合复合而成，古隆起实际上经历不同性质、不同期次的构造作用联合复合而成。克拉通盆地构造成因与变形特征的分解与组合特征及其对油气藏发育的作用，正是本书讨论的内容。

塔里木、鄂尔多斯、四川等海相盆地的勘探实践为系统认识中国海相克拉通盆地油气地质理论提供了丰富的信息，也促进了海相油气地质理论的进步，

在原型盆地恢复、构造演化、构造变形及其后期盆地改造分析、含油气系统等方面都有了新的认识。近十年来,中国海相克拉通盆地油气勘探的突破、第一手地质资料的增加和构造地质理论与技术的进步为构造地质理论的研究提供了新的条件和动力。期间,作者致力于总结借鉴国内外海相克拉通盆地构造地质理论,认识中国古生界海相盆地油气勘探潜力,提出油气勘探建议。

第一章从全球的视角,介绍海相盆地的油气地质意义、海相盆地类型及其构造地质特征,总结世界上典型的古生界海相盆地的构造地质特征与石油地质特征。

第二章论述中国陆上古生界海相克拉通盆地的地理分布、基底构造、盆地类型与成因,从板块构造地质角度讨论了中国海相克拉通盆地形成的大地构造背景和演化,提出了海相叠合盆地的结构特征及其控制下的油气地质特征。

第三章根据叠合盆地原型分析方法与技术路线,从大地构造背景、盆地构造格局与沉积充填特征等方面恢复了塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地在关键海相成盆期的盆地原型。

第四章阐述中国海相克拉通盆地构造变形的基本特征,认为克拉通边缘的俯冲挠曲与冲断推覆构造及其破坏作用、克拉通内部的伸展断陷盆地及其构造反转、介于边缘与内部之间的走滑构造和沿中地壳滑脱的基底卷入构造是克拉通盆地构造变形的主要特征,同时在古构造背景下的差异压实作用也通常是海相克拉通盆地内后期构造变形的方式。

第五章重点解剖塔里木海相克拉通盆地的构造成因、构造演化与塔中古构造地质特征,揭示出塔里木盆地南缘早古生代区域构造演化控制塔中古隆起构造、沉积发育,刻画塔中古隆起内部的走滑、冲断等构造几何学、运动学、动力学特征;以塔中低凸起为例,探索海相克拉通盆地中古隆起内部的构造地质特征,确定构造演化、构造样式、断裂体系及其构造继承与叠加改造关系。

第六章通过塔中古隆起的重点解剖和分析,总结海相克拉通盆地构造对油气成藏的控制作用,古构造格局不仅控制成盆与烃源岩发育、沉积相带分布与储集层的发育、成烃演化过程与油气聚集,而且也控制碳酸盐岩岩溶储层的后期改造与成藏,进而提出克拉通盆地内塔中古隆起油气成藏的主控因素与勘探方向。

第七章在简述中国古生界海相克拉通盆地油气勘探历程的基础上,从国外

古生界海相盆地的油气地质特征的共性出发,以四川盆地为例分析中国海相盆地的油气勘探前景;从古板块、含油气盆地、含油气系统、油气藏等不同尺度上讨论构造保存条件对中国海相盆地油气勘探前景的影响;最后提出中国海相克拉通盆地油气勘探的主要方向。

本项研究成果是在作者坚持不懈的努力下完成的,我们先后组织了多个相关的研究课题的实施和研究报告的编写,本书的编写分工如下:前言:李本亮;第一章:李本亮,杨庚;第二章:李本亮,雷永良,陈竹新;第三章:李本亮,雷永良,杨庚;第四章:李本亮,陈竹新,管树巍,韩剑发;第五章:韩剑发,李本亮,李传新,陈竹新,管树巍;第六章:杨海军,李本亮,苗继军,韩剑发,邬光辉,罗春树,李传新;第七章:李本亮,钱凯。

本书是在中国石油天然气集团公司科技管理部、中国石油勘探开发研究院资助下完成,并在研究中有幸得到中国石油燃气股份有限公司贾承造院士、赵文智教授、胡朝元教授、高瑞祺教授的潜心指导和关怀。中国石油天然气集团公司科技管理部方朝亮教授给予了很多关心和帮助,中国石油勘探开发研究院邹才能教授、张水昌教授、钱凯教授、魏国齐教授、李启明教授给予了精心指导。在书稿编写和修改中,中国石油勘探开发研究院宋建国教授,南京大学贾东教授、王良书教授,浙江大学陈汉林教授、肖安成教授,北京大学郭召杰教授,中国地质大学何登发教授,中国石油塔里木油田与公司王招明教授、潘文庆教授等给予了许多建设性意见和善意的提醒,在此一并表示衷心感谢。由于时间紧张,不妥之处,敬请批评指正。

目 录

序

前言

第一章 海相克拉通盆地石油地质概述	1
第一节 海相盆地油气资源前景	1
一、海相含油气盆地	1
二、海相盆地的油气地质意义	2
三、古生代海相盆地油气资源	4
四、古生代海相盆地油气勘探前景	5
第二节 海相克拉通盆地构造成因与类型	5
一、克拉通盆地	6
二、克拉通内部海相盆地	10
三、克拉通边缘海相盆地	13
四、贯穿克拉通边缘与内部的海相盆地	19
第三节 主要古生界海相克拉通盆地石油地质	22
一、东西伯利亚克拉通盆地油气地质	22
二、二叠盆地油气地质特征	24
三、滨里海盆地油气田及其油气地质特征	27
四、海相克拉通盆地油气地质特征	29
第二章 中国海相克拉通盆地形成与演化	35
第一节 中国海相克拉通盆地概述	35
一、中国海相克拉通盆地分布特征	35
二、中国海相克拉通盆地基底结构	38
三、中国海相克拉通盆地类型	40
第二节 海相克拉通盆地形成的大地构造背景与演化	40
一、克拉通基底的形成	40
二、海相克拉通盆地形成	41
三、中生代陆相盆地叠置	43

四、喜马拉雅期海相克拉通盆地改造	49
五、三大海相克拉通盆地构造演化	50
第三节 海相克拉通盆地层序结构及油气地质意义	59
一、中国海相克拉通盆地的构造变革	59
二、中国海相克拉通盆地结构的叠合特征	62
三、中国海相克拉通盆地之间的差异性	65
四、海相克拉通盆地油气地质特征	67
第三章 中国海相克拉通盆地的原型	70
第一节 塔里木早古生代海相克拉通盆地原型	70
一、早古生代海相克拉通盆地发育的构造背景	71
二、寒武纪原型盆地特征	74
三、奥陶纪原型盆地特征	77
四、志留纪—泥盆纪原型盆地特征	84
五、早古生代的盆地原型的叠加	86
第二节 四川海相克拉通盆地原型	87
一、四川海相克拉通盆地形成的构造背景	88
二、晚震旦纪—早古生代海相盆地原型	90
三、晚古生代—早中生代的海相盆地原型	97
第三节 鄂尔多斯早古生代海相克拉通盆地原型	108
一、早古生代海相克拉通盆地形成的构造背景	109
二、寒武纪—奥陶纪海相克拉通盆地边缘构造特征	111
三、奥陶系海相盆地的沉积充填特征	115
四、原型盆地特征	118
第四章 中国海相克拉通盆地构造变形特征	123
第一节 克拉通盆地内部伸展断陷及其构造反转	123
一、四川北部开江—梁平海槽断陷构造及其构造反转特征	124
二、四川盆地西南部隐伏裂谷盆地的构造反转	127
第二节 克拉通盆地内部基底卷入构造	131
一、克拉通盆地内部基底卷入构造	132
二、四川盆地北部米仓山基底卷入构造	133
三、川中乐山—龙女寺古隆起的基底卷入构造	134
第三节 克拉通盆地边缘冲断构造及其改造作用	136
一、塔里木盆地新生代区域构造背景与盆缘构造	136
二、塔里木盆地西南缘冲断推覆构造特征	138

三、塔里木盆地西北缘柯坪叠瓦冲断构造特征	139
四、塔里木盆地北缘隐伏于库车冲断带之下的单斜构造	140
第四节 克拉通内部与边缘之间的走滑构造及其破坏作用	142
一、塔里木盆地东部边缘走滑构造与盆地破坏	142
二、柴达木盆地走滑构造与克拉通盆地破裂	143
三、楚雄盆地走滑构造及其对扬子板块的破坏作用	147
第五章 海相克拉通盆地构造演化与古隆起结构特征——以早古生代的塔里木盆地 塔中古隆起为例	151
第一节 塔里木南缘板块构造演化与塔中古隆起的形成	151
一、塔里木盆地早古生代板块构造演化	151
二、震旦纪—早奥陶世伸展构造与断陷盆地	153
三、中—晚奥陶世塔南碰撞造山与前陆盆地	154
四、志留纪—泥盆纪挤压冲断构造	156
五、塔里木南缘构造演化对塔中古隆起构造的控制作用	157
第二节 塔中古隆起构造变形特征	163
一、塔东南—塔中区域构造地质剖面结构	163
二、塔中 I 号断裂带东段冲断构造特征	172
三、塔中古隆起中西段走滑构造特征	179
四、塔中古隆起构造变形的成因	181
第三节 塔中古隆起北斜坡构造样式及其演化叠加	183
一、3D 地震构造解释与构造样式	184
二、塔中古隆起北斜坡构造演化	190
三、塔中北斜坡三维地震区构造变形规律	203
四、塔中断裂体系之间的构造继承与叠加改造	204
第六章 海相克拉通盆地构造控藏作用——以塔里木盆地塔中古隆起为例	214
第一节 塔里木盆地古构造对油气地质条件的控制	215
一、早古生代原型盆地构造对古老烃源岩分布的控制	215
二、古隆起构造对储层发育的影响	217
三、二叠纪岩浆活动对烃源岩热演化的作用	219
四、多期构造变革控制下的多期成藏和晚期注气	222
五、古隆起控制下的油气成藏与富集特征	225
第二节 断裂构造对沉积储层的控制作用	225
一、断裂系统对沉积储层的建造作用	226
二、断裂构造对碳酸盐岩储层的改造作用	228

三、二叠纪岩浆活动形成的热液岩溶作用	236
第三节 塔中断裂构造对油气成藏的控制作用	238
一、中奥陶世古隆起控制塔中油气运聚的基本格局	238
二、加里东晚期 NW 向断裂对油气富集的控制作用	240
三、志留纪—泥盆纪 NE 向走滑断裂对油气成藏与油气分布的影响	242
四、二叠纪岩浆刺穿及后期断裂控制志留系—石炭系次生油气藏分布	244
五、多期多类型断裂组合控制油气藏复合叠置的格局	245
第四节 塔中古隆起油气成藏主控因素与勘探方向	247
一、上奥陶统台内礁滩储集体油气藏	248
二、塔中奥陶系不整合岩溶储层油气藏	250
三、寒武系白云岩储层油气藏	252
四、塔中志留系岩性油藏	254
第七章 中国海相克拉通盆地油气勘探	257
第一节 中国海相克拉通盆地油气勘探概述	257
一、中国海相克拉通盆地油气勘探对象	257
二、中国海相克拉通盆地油气勘探历程	258
三、中国海相克拉通盆地油气资源潜力	260
第二节 从国外海相克拉通盆地共性看勘探前景——以四川盆地为例	268
一、中外海相克拉通地层油气地质基本特点对比	268
二、国外海相克拉通盆地油气地质	269
三、四川盆地油气地质条件的相似性	270
四、类似的地质条件决定类似的勘探方向	271
第三节 从保存条件看中国克拉通盆地油气勘探前景	273
一、小克拉通构造活动性与保存条件	273
二、海相含油气盆地的保存	275
三、海相含油气系统的保存	277
四、海相油气藏的保存	279
五、从保存条件看中国海相克拉通地层的有利勘探领域	280
第四节 中国海相克拉通盆地油气勘探的主要方向	280
一、海相克拉通盆地油气勘探战略选区的主要评价指标	281
二、烃源条件与中国海相克拉通油气勘探方向	283
三、储层条件与海相克拉通油气勘探方向	286
四、中国海相克拉通油气勘探目标区	288
参考文献	290

第一章 海相克拉通盆地石油地质概述

世界上的油气资源分布在特提斯域、欧亚（北方）域、冈瓦纳（南方）域和太平洋域这四大构造域中，其中以特提斯构造域最具优势，储量占全球总量的 68%（安作相，1996）。大多数含油气盆地的烃源岩出自海相沉积地层，海相盆地中的石油储、产量规模占有绝对优势。处于特提斯构造域内的中国海相盆地中不断发现新的油气资源，引起学术界和产业界对中国海相克拉通盆地的关注。对于中国海相盆地的油气资源潜力和勘探前景的认识如何？由于中国具有油气勘探意义的海相地层主要存在于古生代克拉通盆地中，这里试图从世界上海相盆地的油气资源前景、克拉通盆地的构造成因、古生界海相克拉通盆地的石油地质特征等方面的认识来开启对中国海相盆地油气构造地质的探讨。

第一节 海相盆地油气资源前景

世界石油工业的发源地是海相沉积盆地，海相盆地相对于陆相盆地具有更加有利的油气地质条件。但是中国陆上的海相沉积盆地形成于古生代，叠置在中新生代沉积盆地之下，受埋藏深的地质条件和勘探技术条件的限制，中国海相盆地的油气勘探起步于 20 年前。越是古老、深埋的地层，海相沉积地层所占的比例越大，其油气资源潜力及其勘探地位与日俱增，这是促使我们客观并乐观认识中国古生代海相盆地油气勘探前景的动力。

一、海相含油气盆地

盆地是地球深部圈层活动与地壳表层构造作用的产物，构造沉降与海平面升降决定盆地内沉积体的充填样式。含油气盆地是指具备成烃要素、有过成烃过程并已发现商业价值油气藏的沉积盆地，它是油气生成、运移、聚集、保存的基本单位。世界上 99% 以上的油气资源是在沉积岩中，那些在非沉积岩中储存的油气也与附近的沉积岩有密切关系。

海相含油气盆地是指具有大陆地壳、被海相沉积地层覆盖的油气形成区。海相盆地可以发生在裂谷、被动大陆边缘到残留洋、前陆盆地等所有盆地类型中。全球显生宙以来的海相沉积地层的体积相对陆相地层占据绝对优势（图 1.1），年代越老、海相地层所占的比例越大。元古宙—早古生代，随着 Rodinia 大陆裂解，寒武纪—奥陶纪期间，原来统一的大陆成为分散的板块漂离在大洋中主要接受海相沉积；随着中晚奥陶世—志留纪加里东造山与板块聚合，造山带与克拉通内部的古隆起提供陆源碎屑物源，海相碎屑岩沉积比例明显增加，陆相沉积地层比例也有所增加。晚古生代随着 Pangea 大陆的分离和古特提斯洋的发育，海相碳酸盐岩沉积明显增多；晚海西—印支造山与板块聚合，陆源碎屑物源丰富，

从二叠纪开始海相碎屑岩和陆相碎屑岩所占的比例都开始增大。从侏罗纪开始，随着大西洋的裂开和 Thetys 的发育，海相沉积地层所占比例增加；新生代以来由于特提斯洋的关闭和太平洋两岸的俯冲聚敛，陆相沉积地层再次增加。寒武纪—奥陶纪全球属于泛海相沉积时期，陆上沉积不足 5%。志留纪至石炭纪海相沉积仍占 90%，陆相沉积主要分布在大陆边缘经碰撞成山的前陆区。二叠纪后联合大陆开始形成，出现海陆交互相沉积，海相沉积占 60% 以上。中生代海相沉积地层在沉积岩石中的比例维持在 70%~80%。新生代随着大陆增生加积，陆相沉积迅速扩展，海相沉积约在 50% 以上。

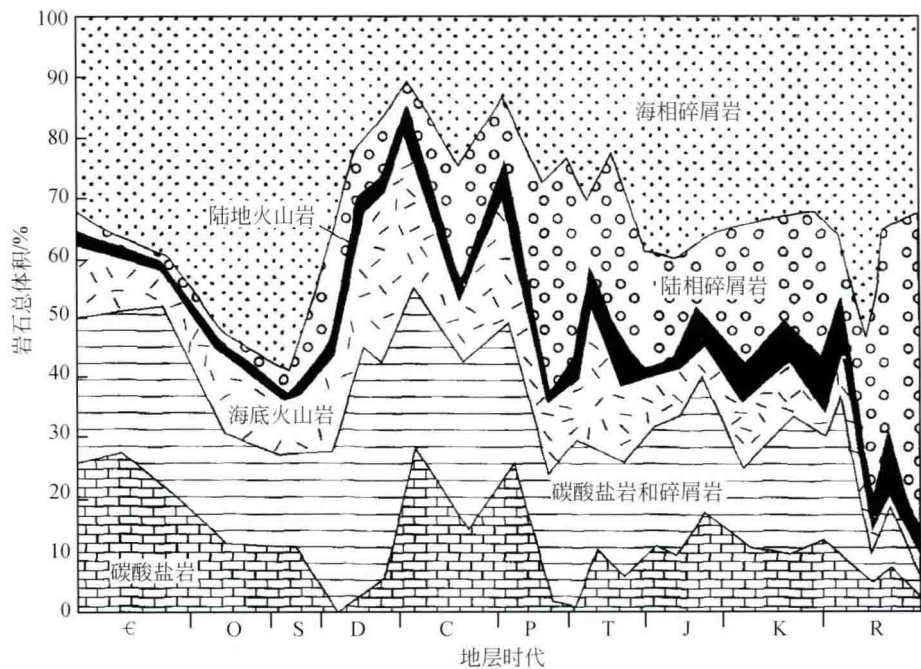


图 1.1 显生宙以来海相地层在各时代地层中的比例 (Ronov et al., 1980)

二、海相盆地的油气地质意义

(一) 高效烃源岩沉积的场所

石油天然气有机成因论的要点有三个：①有丰富的原始有机质堆积，水体中浮游植物、浮游动物和细菌构成生烃有机质的主要来源。②水下沉积是有机物保存和转化为油气的基础，在宽阔、相对稳定和较深的水体是生物生存和繁殖、有机物堆积、保存的必要条件。③在成岩过程中，有机质由生物聚合物转变为地质聚合物，形成沉积岩中不溶于有机溶剂的分散有机质——干酪根，干酪根是油气生成的母质。

世界石油勘探实践说明，大型油气区主要分布在海相盆地中，这与海相盆地具有相对理想的有机质富集和保存条件是分不开的（胡见义等，1991）。首先，海相盆地具有优越的、比较稳定的水下环境。众所周知，沉积物中有机质保存的关键因素是环境的缺氧程

度、较深的水体和细粒沉积物。一般来说,海洋的咸水环境比陆相淡水环境更有利于有机质的保存。海水在很大程度上限制了自由氧分子的进入,也限制了细菌的活动和有机质的分解和破坏。有机质被保存于水下沉积物中对生烃才有实际意义。

形成石油的原始有机质主要是脂肪、类脂组分及蛋白质,主要来源于浮游植物和浮游动物。海洋浮游生物中含类脂组分较高,而以陆源高等植物为主的陆相沉积地层中的有机质以木质素、纤维素和碳水化合物为主,类脂物含量很低。陆相河湖、沼泽沉积有机质,主要形成Ⅲ型干酪根, H : C 一般在 1 ~ 1.5, 而海洋浮游生物有机质的 H : C 在 1.7 ~ 1.9。

海相盆地规模大,构造活动相对稳定,有利于大型构造油气藏的形成,而且油藏保存得相对要好。海相地层沉积稳定,沉积相变小,生油岩和储油岩分布广,好生油岩和储层在盆地内广泛分布,因此保证生成的油气资源丰富,并且能及时地将其运移到优质的储层中,并在适宜的条件下聚集成油气藏。

(二) 油气藏附存的储集条件

海相环境发育砂岩和碳酸盐岩两种类型储层,二者聚集的石油储量平分秋色。据卡梅尔特和圣约翰 (Carmalt and John, 1986) 统计,世界上 509 个大油田中,砂岩油层储量占 53.2%, 碳酸盐岩油层储量占 45.1%。海相储层分布面积较大,可达数百至数千平方千米。在滨岸-近岸发育三角洲砂体、坝砂、堤-滩砂、生物碎屑灰岩,在浅海-陆棚除砂体外还有礁、生物灰岩和碳酸盐岩,在次深海-深海有碳酸盐岩和浊积砂岩体。由于海相沉积介质能量较强,海相砂岩储层分选好、磨圆度高,不稳定矿物含量少,矿物成分单一,以石英砂岩或长石砂岩为主,储层物性往往比较好。

海相储层的发育主要受沉积环境和岩相控制,主要包括生物礁体储层、潮坪相储层、碳酸盐滩坝储层和重力流沉积储层,其次也包括深海白垩类型储层等。滩礁储层中拥有丰富的油气资源,在世界范围内不乏大型和巨型油气田。统计数据表明,其所拥有的可采储量占世界总量 19%, 占碳酸盐岩储层储量的 70%, 世界上现已发现的三个超大型油田,如沙特阿拉伯的加瓦尔油田 (储量 87 亿 t) 和 Rurnaila 油田 (储量 20 亿 t)、伊拉克基尔库克油田 (储量 23 亿 t), 均以礁、滩作为储层。

(三) 油气藏保存的封盖条件

世界上海相地层中发育的大油气田的盖层 53.5% 是泥、页岩, 46.5% 是膏盐岩层。由于膏盐层良好的封盖条件,目前发现的大多数大型、巨型油气田均不同程度的发育厚层膏盐盖层。例如,西内部盆地阿纳达科拗陷气聚集区潘汉德-胡果顿气聚集带及其大气田,下二叠统狼营组气田埋深只有 427 ~ 1160m, 但上二叠统硬石膏和含膏致密白云岩为盖层,虽厚度只有 37m, 封盖性能很好。北非三叠盆地上三叠统发育潟湖相的盐岩和硬石膏沉积,此膏盐组厚度可达 500m 以上,构成了良好区域盖层,是哈西鲁麦勒特大气田 (天然气可采储量 15 290 亿 m³, 凝析油 4 亿 t) 和世界特大气田之一——哈西麦萨乌德油田 (石油地质储量 34.25 亿 t) 的可靠盖层。东西伯利亚盆地库尤姆宾-尤罗布钦巨型油田的形成与寒武系单层厚达 200m 盐岩发育而具有良好盖层有密切关系。总之,在海相含油气盆地中,广泛分布厚度较大的蒸发岩系和泥页岩是海相地层中油气富集的封盖条件。

三、古生代海相盆地油气资源

(一) 古生代海相地层油气资源量

海相盆地是油气资源富集的主要场所,但是中国陆上的海相含油气盆地主要为古生代沉积地层,所以这里主要讨论世界上古生代海相地层油气资源量的认识。根据世界范围内油气资源评价结果(李国玉和康特洛维奇,1995),新生界石油 11.6%,天然气 7.6%;中生界石油 80.4%,天然气 62.9%;以海相地层为主的古生界石油 8%,天然气 29.5%。中生界占油气资源评价的主导地位,主要是因为中东沙特阿拉伯和俄罗斯西西伯利亚这两个世界上最大的油气区均以中生界侏罗系、白垩系产油气为主,虽然这些盆地下伏的古生界海相地层中也可能蕴藏丰富的油气资源,但现今尚没有进入人们的勘探视野中。

据 Klemme 等(1991)统计,世界已探明的可采油气储量中来自古生代海相地层烃源岩的储量占 12.6%,来自古生代海相储层的油气储量占 20.5%。

(二) 古生界海相地层的油气储量

烃源岩方面,全球海相盆地分布面积占 95%,陆相盆地分布面积占 5%;全球四大构造域中以新特提斯构造域中海相烃源岩的油、气分别占全世界的 68% 和 30%;其中碳酸盐地层中可采储量占 70%,砂岩地层中占 30%;地质时代上:中生代灰岩地层中石油可采储量占 89%、天然气占 73%~89%,古生代的白云岩地层中天然气占 26%。世界上的古生界海相探明石油可采储量约 500 亿桶,气 540 万亿 ft^3 ($1\text{ft}=0.3048\text{m}$)。其中北美大陆的下古生界海相地层探明油可采储量 9.5 亿 t,气 3000 亿 m^3 ;东西伯利亚古生界海相地层中发现油气田 600 多个,大于 2 亿 t 或 1000 亿 m^3 的 15 个。这些勘探成果激励着中国古生界海相盆地的油气勘探。

20 世纪以来,海相碳酸岩盐储层对全世界的油气产量作出了巨大的贡献,在 20 世纪 90 年代期间世界发现的 77 个超大型油气田中,储量近 1000 亿桶。其中海相碳酸岩盐油气田占 11 个,发现储量 340 亿桶。那么在古生界海相碳酸岩地层中到底发现了多少油气储量?据统计,世界上可采储量大于 7000 万 t 油田 266 个,其中海相碳酸盐岩储集层油田 116 个,占 44%。世界可采储量 2468 亿 t (包括已采出量),其中碳酸盐岩储集层中的近 1500 亿 t,占 61% (图 1.2)^①,古生界海相碳酸岩储层中油气储量仍旧很大,石油储量达 456 亿桶,天然气 439.7 万亿 ft^3 ,主要集中在滨里海、东西伯利亚、北美地台、西加拿大盆地等地区上古生界石炭系和二叠系。

下古生代海相地层中虽然只有少数几个大油气田,但是在许多盆地中储量集中、产能良好,如俄罗斯的东西伯利亚、美国的二叠盆地、东欧的滨里海盆地等。另外,也说明古生界海相地层油气保存条件差、勘探难度大、勘探程度低。

^① 大港油田公司油气勘探开发技术研究中心,2000,3,油气田勘探开发科技信息,碳酸岩盐油气藏专辑之三。

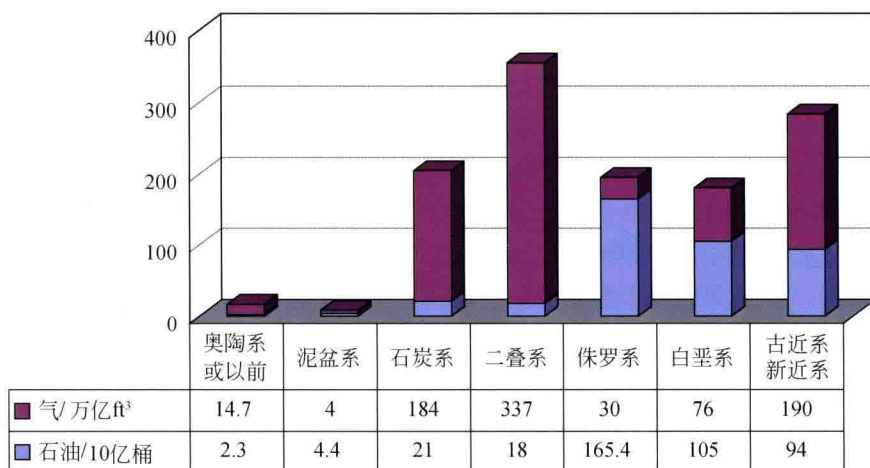


图 1.2 世界大型碳酸岩油气田可采储量在各层系中分布 (据 226 个大型油气田统计)

四、古生代海相盆地油气勘探前景

世界上油气勘探主要是近百余年的事,油气勘探的基础还是海相地层。随着勘探的进展和地质认识的深入,古生界油气资源量的重要性越来越明显,随着时间的推移和获取资料的增多,古生界海相地层的油气资源量逐渐增加。按哈尔布蒂统计结果(Halbouty, 1970),世界古生界石油资源占8%,天然气占25%,油当量占13%;涅斯捷罗夫1975年统计结果,古生界油气资源占9%;据博伊斯(Bois)1982年的统计结果,古生界石油资源占14%,天然气占28.6%,油当量占20.5%;据Klemme和Ulmishek(1991)统计,古生界(包括元古宇)油气储量占世界总储量的26.9%,而以古生界(包括新元古界)为储层的油气储量也达到世界总储量的20.5%。这从一个侧面反映了古生界所蕴含油气资源潜力的未知性,同时也意味着古生界油气的勘探难度较大,因而勘探发现亦相对滞后于中、新生界。随着时间的推移和获取资料的增多,古生界海相地层中油气资源的数量在增加;随着勘探的进展和勘探技术的进步,古生界海相地层中油气探明储量的数量也必将增加。

第二节 海相克拉通盆地构造成因与类型

根据所处的板块构造位置与板块演化所处的威尔逊旋回中构造演化阶段,含油气盆地可以划分为与克拉通内部相关的裂谷、断陷、拗陷等盆地类型,克拉通边缘相关的被动陆缘、弧后、弧前、弧间、海沟、碰撞裂谷、残余洋、前陆等盆地类型,和与克拉通边缘和内部都相关的拗拉槽、夭亡裂谷、走滑拉分等盆地类型。但是针对现今尚能保存下来的中国古生代海相盆地,主要形成于如下三类与克拉通相关的构造环境中:①与克拉通内部相关的断-拗陷盆地,其演化历史长,多次遭受海侵,是海相地层发育最完全、保存最完整的地区。②克拉通边缘拗陷及其上叠前陆盆地,记录了从被动大陆边缘、克拉通边缘拗陷