

中国海相油气地质系列丛书

中国海相沉积体系与储层分布

朱如凯 等 著



科学出版社

中国海相油气地质系列丛书

中国海相沉积体系与储层分布

朱如凯 等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统总结了我国海相沉积发育的构造背景、层序演化与生储盖组合,详细介绍了海相碎屑岩与海相碳酸盐岩两大沉积体系及其储集体类型,以塔里木盆地及四川盆地的某些地层为实例,对我国海相储层的特征与主控因素进行分析。

本书可供从事石油与天然气地质勘探与开发的科研与管理人员阅读,也可供相关院校师生教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国海相沉积体系与储层分布 / 朱如凯等著. —北京: 科学出版社, 2014. 6

(中国海相油气地质系列丛书)

ISBN 978-7-03-040676-7

I. ①中… II. ①朱… III. ①海相沉积-沉积体系-研究-中国
②海相沉积-储集层-分布规律-研究-中国 IV. ①P736.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 102303 号

责任编辑: 韦 沁 王 运 / 责任校对: 李 影

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>

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: 24 3/4

字数: 566 000

定价: 188.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者名单

朱如凯 罗 平 孙亚芸 罗 忠

高志勇 郭宏莉 张兴阳 刘柳红 等

序

中国海相地层从中上元古代到三叠纪新近纪都大量发育,分布面积逾 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占陆上国土面积的 $1/3$, 其中覆盖区海相地层(以古生界为主)面积约 $146 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海相油气无疑是发展我国油气工业的重要领域。长期以来,我国石油工作者对海相沉积盆地的油气资源寄予厚望,历经近半个世纪的勘探,已经取得突破性进展。尤其是进入 21 世纪以来,我国海相油气勘探已进入大油气田发现的高峰期,在四川盆地先后发现了川东石炭系、普光、龙岗、磨溪等大气田,在塔里木盆地塔河、轮古东、哈拉哈塘-英买力、塔中等发现了一系列大型油气田,在鄂尔多斯盆地发现了中部大气田;近年来,南方海相下古生界页岩气的勘探开发也取得了重大突破。中国海相沉积盆地一系列大中型油气田的发现,得益于对中国海相沉积盆地石油地质条件认识的不断深入、勘探思路的创新以及勘探技术的进步。

《中国海相油气地质系列丛书》主要以塔里木、四川和鄂尔多斯等叠合盆地中下组合为研究对象,旨在探讨中国克拉通海相层系成盆、成储、成烃和成藏机制及分布规律。该书作者在以往大量石油地质研究的基础上,针对中国海相沉积构造演化期多、沉积时代老、烃源岩热演化程度高、储层埋藏深、油气藏破坏调整改造严重、成藏过程复杂等特点,聚焦科学问题,开展了大量的野外地质调查、实验室分析以及石油地质基础研究,在海相原型盆地形成与构造演化、构造叠加改造及其控藏作用,小克拉通海相层序、台地类型、储集岩相带分布、储集体形成与保持机理,烃源岩分布与成烃演化历史、油气来源、复杂盆地油气成藏调整改造模式、主控因素与富集分布规律等方面,取得了许多创新性认识。这套丛书是对中国海相油气生成与分布基础理论研究成果的全面总结,也是对中国海相油气地质理论体系的丰富和发展。

该套丛书的作者近 20 年来一直从事海相沉积盆地油气地质理论的研究,形成了一支稳定的中国海相油气地质基础研究攻关团队。他们从中国海相沉积盆地勘探实践出发,从海相石油地质基础研究入手,以现代先进的分析技术与十分丰富的资料,探索、总结我国海相油气形成与分布地质理论。相信该丛书的出版,对于致力于海相油气领域探索的地质科技工作者会大有裨益,也将在我国海相盆地油气勘探中发挥更重要的指导和推动作用。

中国科学院院士

李永造

2013 年 12 月 25 日

前 言

全球含油气盆地储集层主要为碎屑岩、碳酸盐岩,其次为火山岩和变质岩。从沉积盆地油气赋存情况看,全球油气资源主要储存在海相地层中,其可采油气资源量约为 $6451 \times 10^8 \text{t}$, 约占全部可采资源量的 72%, 其中,海相碳酸盐岩储层中的油气储量约占油气总储量的 38%, 其他海相储层可采油气资源占 34%; 陆相地层中可采油气资源量约为 $2491 \times 10^8 \text{t}$, 约占全部可采资源量的 28%。全球海相碳酸盐岩储层以形成大型、特大型油气田为主,大油气田中海相碳酸盐岩所占的油气储量约为 60%, 近年仍不断有重大发现,如在滨里海盆地和中东波斯湾地区发现的卡沙甘油田石油地质储量为 350 亿桶。海相碎屑岩是全球重要的油气勘探领域,剩余资源潜力大。

我国海相沉积盆地有 12 个,海陆相叠合盆地有 69 个,海相储层分布广泛,时代从前寒武纪到中-新生代都有分布。海相碳酸盐岩发育岩溶、白云岩与礁滩 3 类主要储集体,油气沿隆起斜坡、台缘带等大面积成规模分布。近年来,我国海相碳酸盐岩油气勘探正处于大发现期,台缘礁滩复合体、台缘礁与鲕粒滩、岩溶勘探领域成果显著,发现了轮南-塔河奥陶系油田、普光三叠系飞仙关组气田、塔中奥陶系油气田以及鄂尔多斯中央气田等碳酸盐岩大油气田,已形成塔里木、四川、鄂尔多斯三大碳酸盐岩大油气区。另外,海相碎屑岩分布范围也较广,古生代发育 4 期海相碎屑岩,现今这些盆地内仍保存滨海、浅海两大沉积体系。海相碎屑岩发育三角洲、海滩等 5 种类型大面积分布的砂体,油气藏类型以岩性、地层为主,储量规模较大。在塔里木盆地发现了我国第一个亿吨级海相碎屑岩大油田——哈得逊油田。据最新资源评价结果,我国海相可采油气资源量约为 $95 \times 10^8 \text{t}$ 。

但是,与陆相沉积盆地相比,我国海相地层油气探明程度总体上仍然很低,这与我国海相油气地质的复杂性有密切关系。与国外古生界海相储层相比,我国海相储层具有以下几个显著特征:下古生界以碳酸盐岩岩溶储层为主;上古生界既发育孔隙性碎屑岩储层又发育碳酸盐岩储层,而且碳酸盐岩储层类型多,非均质性强;非常规储层占重要比例,而礁储层不发育。

为尽快实现海相油气探明储量的快速增长,缓解国内油气供需矛盾,必须加强海相油气富集与分布规律的理论研究和勘探技术攻关,其中有效烃源岩、储层及保存条件评价是基础。针对海相储层的沉积相类型与模式、沉积体系分布、储层形成机理等问题,国内外学者从不同方面、不同地区已做过多方面的研究和探讨,如海相储层成岩作用和次生孔隙的形成与演化关系;海相碎屑岩优质储层形成的主控因素,包括沉积环境、地温场、早期油气充注、绿泥石包膜、微晶石英包膜、异常高压和次生孔隙发育等。海相碳酸盐岩储层形成的主控因素复杂,包括有利的沉积相带形成、白云石化作用、不同期次溶蚀作用、构造破裂作用、硫酸盐热化学还原反应作用、烃类的早期注入等。

本书是关于中国海相沉积体系与储层分布方面的一部专著,也是作者近年来从事

国家“十五”科技攻关、中国石油天然气总公司“十一五”重点项目科技攻关研究成果的总结。本书主要从中国海相碎屑岩和碳酸盐岩储层发育的地质背景、沉积层序演化、沉积相类型、沉积体系模式、储层发育主控因素、生储盖组合等方面全面系统地介绍了中国海相沉积体系与储层的分布规律，特别是对塔里木、四川盆地等一些具体地区的典型实例进行了解剖研究，丰富了我国海相地层沉积体系发育特征与储层发育模式，希望能为中国海相油气勘探的深入研究提供一些基础地质资料。

本书共分7章，各章执笔人员如下：第一章，朱如凯、孙亚芸；第二章，朱如凯、张兴阳、罗平、郑荣才、贾进华；第三章，朱如凯、孙亚芸；第四章，张兴阳、刘伟、罗平；第五章，高志勇、郭宏莉；第六章，高志勇、郭宏莉、朱如凯、贾进华；第七章，罗平、罗忠、刘柳红、苏立萍、胡罡。最后由朱如凯、孙亚芸统编定稿。

在本书的编写过程中，得到了中国石油塔里木油田分公司、西南油气田公司、长庆油田公司多位领导与专家的关心与大力支持；杨式升、何东博、王雪松、杨灿、周刚等也参加了部分研究工作；顾家裕教授详细审阅了书稿，并提出了宝贵的修改建议。在此对给予我们关心、支持与帮助的各位领导、专家、同仁表示诚挚的谢意！

书中不足之处难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

2013年8月

目 录

前言

第一章 中国海相沉积发育构造背景与层序地层演化	1
第一节 中国海相沉积发育构造背景与类型	1
一、中国海相克拉通	1
二、中国三大海相克拉通盆地演化	2
第二节 中国海相层序基本特征	10
一、层序地层学基本理论体系	10
二、中国海相层序划分	16
三、早古生代层序演化	19
四、晚古生代—中生代三叠纪层序演化	23
五、中生代侏罗纪—新生代层序演化	43
第三节 中国海相层序生储盖组合	57
一、层序地层格架内的油气勘探	57
二、早古生代生储盖组合	59
三、晚古生代生储盖组合	64
四、中生代—新生代生储盖组合	70
第二章 中国海相沉积体系	73
第一节 海相沉积体系	73
一、海相环境	73
二、海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积	74
第二节 海相碎屑岩沉积体系与储集体	74
一、滨岸沉积体系	75
二、三角洲沉积体系	82
三、河口湾沉积体系	87
四、陆缘近海湖沉积体系	88
五、泥炭沼泽沉积体系	89
六、浅海陆棚（浅海浅滩、浅海砂坝）沉积体系	93
七、陆坡—海底扇沉积体系	96
八、海相砂体分布与规模	97
九、中国海相盆地主要碎屑岩储集体	98
第三节 海相碳酸盐岩沉积体系与储集体	99
一、陆架型台地	102
二、缓坡型台地	108
三、陆表海型台地	112

四、准碳酸盐岩台地	114
第三章 中国海相储层特征与主控因素	116
第一节 海相碎屑岩储层特征	116
一、海滩相储层	119
二、潮坪相储层	120
三、海相三角洲储层	124
四、海相碎屑岩优质储层形成主控因素	126
第二节 海相碳酸盐岩储层特征	138
一、海相碳酸盐岩储层类型	138
二、海相碳酸盐岩储层形成主控因素	140
三、海相碳酸盐岩储层有利区带	158
第四章 塔里木盆地中西部奥陶系沉积相特征	172
第一节 区域地质	172
一、构造环境	172
二、地层划分	172
第二节 沉积相平面分布	177
一、鹰山组下段沉积相	178
二、鹰山组上段沉积相	187
三、一间房组沉积相	198
四、良里塔格组沉积相	202
五、岩相古地理演化	204
第五章 塔里木盆地满加尔凹陷上奥陶统铁热克阿瓦提组储集体特征	207
第一节 铁热克阿瓦提组层序地层与储集体	207
一、层序划分	207
二、沉积相	211
三、准层序识别与储集体类型	215
第二节 铁热克阿瓦提组储层特征	223
一、岩石学特征	223
二、储集性	225
三、成岩演化	227
四、储层储集性影响因素分析	232
五、流体作用	239
第六章 塔里木盆地志留系层序地层与沉积储层	243
第一节 志留纪地层划分	243
一、沉积构造背景	243
二、地层划分	243
第二节 塔中地区志留系层序地层与有利储层分布	245
一、层序界面特征	245
二、层序划分	247

三、沉积相与沉积模式	247
四、海滩和潮滩沉积差异	249
五、储集体分布	252
六、储层特征及其发育主控因素	264
第三节 满南地区志留系层序地层与有利储层分布	273
一、层序划分	273
二、沉积体系分析	275
三、储集体分布	280
四、储层特征	290
五、储层成岩演化	295
六、储集性影响因素分析	300
七、流体作用	301
第七章 四川盆地东北地区下三叠统飞仙关组沉积储集层特征	305
第一节 层序地层格架内鲕粒滩分布	305
一、成因地层单元	305
二、三级层序界面划分	306
三、四级层序界面划分	309
四、四级层序格架下沉积相分布	310
五、鲕滩发育规律	315
六、沉积模式与层序模式	317
第二节 飞仙关组岩石学特征与成岩作用	319
一、主要岩石类型	319
二、主要成岩环境与成岩作用	321
三、不同岩石类型的成岩演化模式	324
第三节 白云岩成因机理与有效孔隙发育分析	329
一、白云石化成因机理分析	329
二、白云石化模式的地质应用	340
三、白云石化作用对有效孔隙形成的贡献	342
第四节 白云岩储集层的主要类型及分布	344
一、储集空间	344
二、储集层物性	347
三、孔隙结构	351
四、储集层孔隙结构分类及储集层分类标准	364
五、储集层评价及空间展布	370
参考文献	374

第一章 中国海相沉积发育构造背景与层序地层演化

我国海相层系分布广泛,从前震旦纪至新生代均有发育;古生代普遍发育克拉通盆地,以海相沉积为主,晚古生代一些时期以海陆过渡相沉积为主。本章重点讨论中国海相沉积的发育构造背景、层序地层演化、层序格架内生储盖组合及分布等内容。

第一节 中国海相沉积发育构造背景与类型

一、中国海相克拉通

中国大陆位于欧亚板块东南部,西南与印度板块、东与太平洋板块为邻,由4个古老陆块(华北、塔里木、扬子和羌塘)及多个大小不同的微陆块镶拼而成。从震旦纪到古生代,板块构造演化主要是这些陆块间的离散、聚合及陆块内部的裂陷;到中生代早期,中国统一大陆逐渐形成,成为欧亚板块的组成部分(翟光明等,2002)。自显生宙以来,中国大陆的板块构造演化,依次受古亚洲洋、特提斯-古太平洋和印度洋-太平洋三大动力学体系的控制;在它们的作用和影响下,形成了古亚洲构造域、特提斯构造域和环(滨)太平洋构造域(任纪舜等,1997),三大构造域的叠加与复合,控制了海相盆地的发育。

中国大陆经历了中-新太古代和古元古代、元古宙末—古生代、中生代中期—新生代三大发展阶段。中-新太古代和古元古代为结晶基底形成阶段。中-新元古代和早古生代在稳定地块内浅海广布;晚古生代陆地逐渐扩展,呈海陆消长态势;晚古生代后期,海水逐渐从中国北方退出。中-新生代以陆相沉积为主(翟光明等,2002)。

从板块演化角度分析,古生代中国大陆的板块演化可以划分为5个时期:①晚震旦世以板块聚合为主,有统一的盖层形成;②寒武纪—奥陶纪为古生代板块分裂的主要时期,也是海侵最广泛的时期;③志留纪—泥盆纪是板块主要的聚合时期,也是广泛的海退时期;④石炭纪—早二叠世主要表现为伸展变形期,也是一个范围较大的海侵期;⑤晚二叠世是又一次板块聚合期,普遍发生海退。

我国大陆古生代各陆块普遍发育克拉通盆地,以海相沉积为主,晚古生代一些时期以海陆过渡相沉积为主。台地环境是早古生代海相盆地的主体,寒武纪和奥陶纪以碳酸盐岩台地为主,志留纪以碎屑岩沉积为主。从广阔稳定的台地向狭长活动的海槽方向依次出现浅海台地、浅海—半深海斜坡及深水盆地是基本的构造古地理面貌。在台地内部可出现开阔台地碳酸盐相、半闭塞台地碳酸盐相、台地蒸发岩相及台缘生物礁相。在不同沉积背景下,斜坡区可出现碳酸盐类和泥质交替沉积,也可出现碎屑流沉积。在盆地区可出现以泥质为主的沉积,也可出现以浊流为主的沉积。

二、中国三大海相克拉通盆地演化

在陆壳聚合增生阶段(震旦纪—古生代),我国发育以海相为主的含油气盆地。中国古生代发生的板块构造运动以古陆块在南北方向上的离散、聚合为主线,因此古生代海相盆地有明显南北差异,各有其古构造、古地理、古气候背景,形成了塔里木、华北、扬子和羌塘4个海相盆地,其中除羌塘盆地已被后期构造运动强烈改造外,其余3个海盆均已发现了油气聚集。目前勘探已经证实,中国古生代海相盆地油气资源丰富,而且生烃规模往往超过中-新生代湖盆;但晚古生代以来的构造运动使许多陆缘海盆成为造山带的组成部分,陆表海盆也成为构造盆地,被中-新生代陆相盆地叠覆,油气资源分布极其复杂(表1.1)。

表 1.1 中国中西部古生代盆地类型

盆地类型		鄂尔多斯盆地	鄂尔多斯盆地西南缘	四川盆地	上扬子东南缘	塔西盆地	塔东盆地	塔西南盆地
台盆	克拉通型伸展盆地	Pz		Pz				
	克拉通边缘伸展盆地		Pz ₂		Pz			
	克拉通型挠曲盆地					Pz	S—P	Z—D
台地边缘盆地	古裂隙盆地		Pz ₁				Z—O	
	前陆盆地							C—P

古生代鄂尔多斯和四川盆地均属于克拉通型伸展盆地,构造继承性强,往往横穿不同的大地构造单元,切过造山带而伸入克拉通台块,无明显的拗陷和沉积中心。鄂尔多斯盆地早古生代除短期向两个方向伸展外,主要是向东伸展减薄,晚古生代则是由北向南伸展;盆地西南缘为古裂隙边缘斜坡盆地。四川盆地除早寒武世朝东北—西南方向伸展、早志留世朝西北方向伸展外,古生代主要朝东南方向伸展。

早古生代,塔里木盆地中西部属克拉通型挠曲盆地,东部为库鲁克塔格—满加尔(库—满)古裂隙;晚古生代古裂隙活动性减弱,整个盆地进入克拉通型挠曲盆地发展阶段。挠曲盆地经历了震旦纪—奥陶纪断陷期和志留纪—泥盆纪拗陷期、石炭纪—早二叠世断陷期和晚二叠世拗陷期两大构造阶段。一般而言,断陷时期形成的地形、岩相复杂;拗陷阶段因为是荷载引起了挠曲作用,往往形成补偿或超补偿沉积,拗陷中心位于盆地轴部。

(一) 古生代塔里木盆地结构、构造沉积演化

塔里木板块介于天山—昆仑造山带之间,南天山构成板块北部被动边缘,西昆仑与阿尔金山分别构成板块南部和东南部活动边缘,与东昆仑接触的一段(民丰—且末)可能为走滑边界,系后期改造所致。

塔里木盆地基底形成很早,古太古代已出现陆核;中-新元古代为过渡型盖层发育时期;震旦纪形成第一个稳定的统一盖层。震旦纪—奥陶纪(Z—O)是板块裂陷期,一些古裂隙槽伸入陆内(如满加尔、唐古孜巴斯);从中奥陶世后期开始,南、北边缘都有俯冲—碰

撞作用,克拉通盆地则受挤压抬升;石炭纪—二叠纪(C—P)期间的俯冲—碰撞作用主要发生在盆地西南边缘,从而形成塔西南弧后前陆盆地。塔里木盆地主体在石炭纪—二叠纪期间以稳定拗陷为主,并于早二叠世末发生陆内裂谷活动;自晚二叠世起,边缘造山带开始隆起,边缘山前盆地开始发育,克拉通内盆地则从早期的块断差异升降发展到晚期的全面拗陷(N_1) (翟光明等,2002)。

1. 震旦纪—早奥陶世拉张伸展型(离散型)盆地

由于区域伸展作用,从震旦纪开始,前震旦纪末形成的新疆古克拉通开始裂解,在塔里木板块内部及边缘形成了一系列伸展型盆地。对于塔里木板块,在北缘,随伊犁—中天山地块裂解、漂移,南天山裂陷槽盆地发展为大洋盆地及其南侧的克拉通边缘拗陷盆地;在西南缘,随中昆仑地块裂离塔里木板块,西北昆仑裂陷槽演化为西北昆仑洋;在东南缘,震旦纪(?)—早古生代原特提斯洋可能沿东昆中断裂一带发育,阿尔金断裂带可能为其一支,在阿尔金山一带于寒武纪晚期发育裂陷槽;在东北缘,从早震旦世开始发育裂陷槽盆地;塔里木板块主体部位则分别在东、西部形成了满加尔克拉通边缘拗陷盆地和塔西克拉通内拗陷盆地。

由上可知,震旦纪时,塔里木板块周边发育了一系列裂陷槽。在库鲁克塔格裂陷槽,震旦系发育完整,以兴地大断裂为界,可分为北带和南带两部分,裂陷以北带为中心。南天山地区裂陷始于晚震旦世,沉积建造与克拉通内部相似,但厚度大,火山岩夹层多。随西中昆仑地块逐渐与塔里木板块分离,发育西北昆仑裂陷槽。在塔里木克拉通主体部位发育了塔西克拉通内拗陷盆地和满加尔克拉通边缘拗陷盆地。满加尔克拉通边缘拗陷盆地南、北两侧与民丰—阿尔金陆缘隆起和库鲁克塔格裂陷槽盆地相邻,西与塔西克拉通内拗陷盆地过渡,边界呈向西凸出的弧形。

寒武纪—早奥陶世,塔里木克拉通周缘裂陷槽稳定发展或演化为窄大洋。此时,塔里木克拉通主体部位仍分别在东部和西部发育满加尔克拉通边缘拗陷盆地和塔西克拉通内拗陷盆地(图 1.1)。在塔西克拉通内拗陷盆地,早寒武世早期(玉尔吐斯期或梅树村期)与全球海平面上升、缺氧事件对应,发育玉尔吐斯组凝缩段沉积;早寒武世中晚期至中—晚寒武世主要为台地相碳酸盐岩沉积;早奥陶世,仍主要为一套台地相碳酸盐岩沉积。满加尔克拉通边缘拗陷盆地在寒武纪进一步沉降加深,盆地边缘沉积厚达 3000 ~ 4000m 以上,盆地中心为次深海盆地相欠补偿沉积;早奥陶世早期盆地强烈沉降,海水相对较深,凝缩段发育;早奥陶世中晚期,盆地边缘斜坡为钙屑浊流、碎屑流、等深流沉积,下斜坡为黑色远洋软泥沉积。满加尔克拉通边缘拗陷盆地东南、东北两侧分别以阿尔金、库鲁克塔格裂陷槽与东昆仑洋、南天山洋相隔,满加尔盆地与这些裂陷槽构成复杂的被动大陆边缘,满加尔盆地为该大陆边缘的外带。这种垒、堑(海台、海槽)相间的被动大陆边缘为一种演化程度不高的被动大陆边缘,可能相当于 Emery 所称的青年期的被动大陆边缘。

2. 中奥陶世—志留纪挤压挠曲型(聚敛型)盆地

早奥陶世末加里东中期运动以后,塔里木克拉通周围洋盆、裂陷槽趋于聚敛、闭合,克拉通内部转为受挤压的构造环境控制。

中—晚奥陶世,在塔里木克拉通东北缘,随南天山洋(可能主要是东段)向北俯冲、消

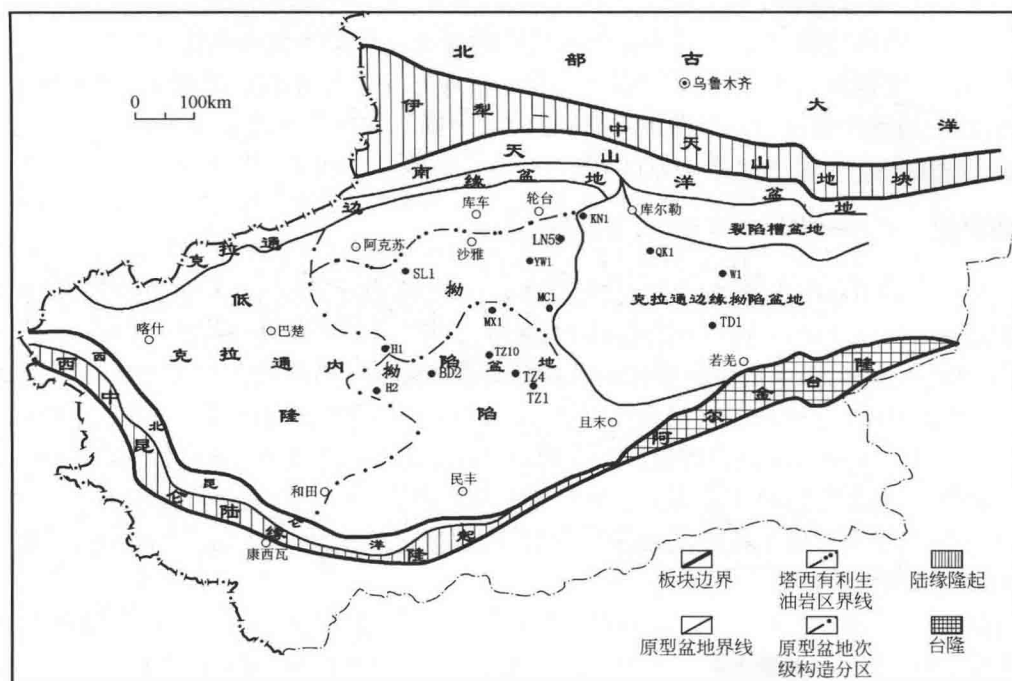


图 1.1 塔里木盆地及周缘寒武纪原型盆地分布图(据翟光明等,2002)

减,寒武纪—早奥陶世形成的库鲁克塔格裂陷槽海台演化为具前缘隆起性质的隆起,海槽演化为与隆起相邻的凹槽。至志留纪,库鲁克塔格裂陷槽继续向前缘隆起演化,出露地表,成为塔北前缘隆起的一部分。

在塔里木克拉通东南缘,随东昆仑洋消减,阿尔金裂陷槽在晚寒武世—早奥陶世(南带)演化为前缘隆起(水下),至志留纪,塔东南及阿尔金地区演化为陆缘隆起。西北昆仑洋从中奥陶世开始向南俯冲、消减,塔里木西南缘演化为残留洋盆地,以槽盆相沉积为特征。至志留纪,西北昆仑与塔西南地区一起演化为前陆盆地。

塔里木克拉通北缘南天山洋可能自中奥陶世即开始向北向伊犁—中天山地块俯冲,俯冲消减可能自东向西发展,在中—晚奥陶世—志留纪发育残留洋盆地,南天山洋逐渐闭合。

由于塔里木克拉通周围处于聚敛构造环境,克拉通内部发育的盆地性质也随之变化。中—晚奥陶世,满加尔盆地演化为克拉通内挠曲深盆地,塔西盆地演化为克拉通内挠曲浅盆地,它们的周边全部或部分被挠曲作用下形成的前缘隆起环绕,这些前缘隆起成为盆地内部陆源碎屑充填物物源区(图 1.2)。志留纪—泥盆纪,前缘隆起扩大,塔里木地区整体演化为统一的克拉通内挠曲盆地。

3. 石炭纪—早二叠世拉张伸展型盆地和晚二叠世—三叠纪前陆盆地

经志留纪—泥盆纪末大陆拼贴增生,塔里木板块范围扩大。到石炭纪,塔里木板块周边再次进入离散→聚敛旋回。

石炭纪,古特提斯洋(以康西瓦蛇绿岩—东昆中蛇绿岩为代表)、北部古大洋(以北天

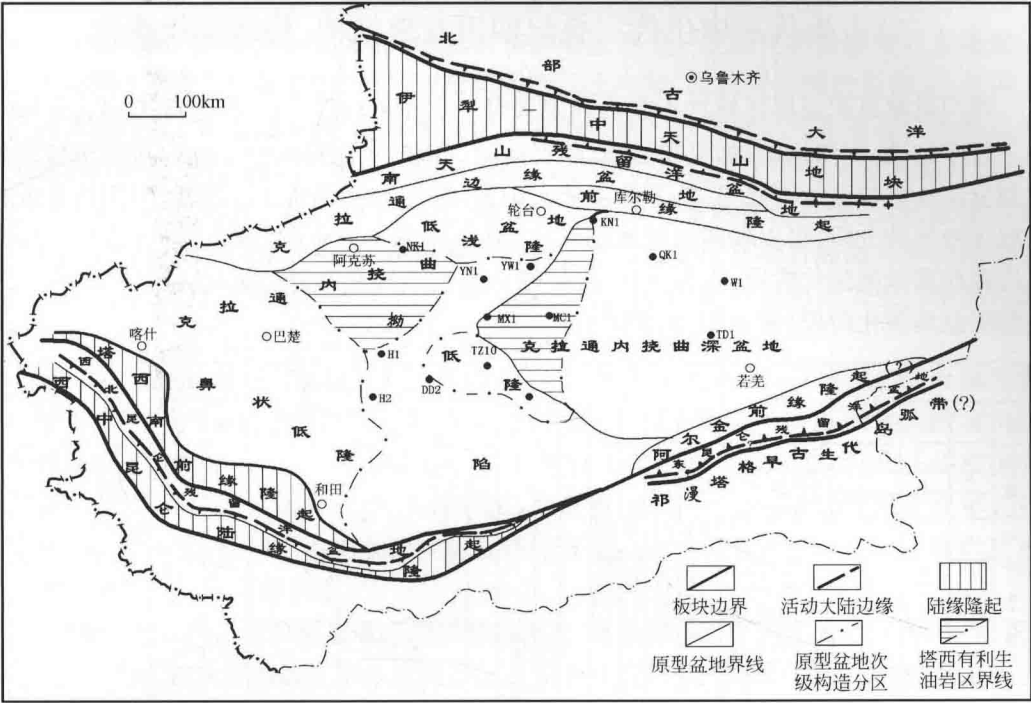


图 1.2 塔里木盆地及周缘中奥陶世原型盆地分布图(据翟光明等,2002)

山蛇绿岩带为代表)张开。志留纪—泥盆纪末海西早期运动引起的塔北—库鲁克塔格隆起、塔东南隆起在罗布泊之西交汇,在克拉通东部形成半环形古陆隆起。在此构造格局基础上,由于区域伸展以及随后北部古大洋、古特提斯洋向塔里木板块俯冲导致的弧后拉张、裂陷,形成了伊犁、北山、东昆北裂陷槽盆地以及南天山窄大洋—裂陷槽盆地。在克拉通主体部位,发育东端封闭、西端敞开呈海湾态势的石炭纪克拉通拗陷盆地。在塔西南及西昆北地区形成边缘拗陷盆地。另外,早二叠世弧后伸展作用还使板内发生岩浆侵入与喷溢。

早二叠世末至晚二叠世—三叠纪,构造环境转为以挤压挠曲作用为主。由于南天山褶皱造山带向塔里木板块挤压,山前发育库车前陆盆地。在塔里木盆地南缘,随古特提斯洋自西向东关闭,羌塘地块渐与塔里木板块拼贴,昆仑造山带形成。晚二叠世在塔里木板块西部形成克拉通内挠曲盆地。

由上所述,与早古生代(含震旦纪)中亚构造域、原特提斯洋张开→闭合旋回和晚古生代古特提斯洋、北部古大洋张开→闭合旋回相对应,塔里木克拉通内部及其周边经历了两个伸展→挠曲盆地演化旋回。克拉通内部不同部位盆地类型不同。在震旦纪—早奥陶世伸展作用阶段,克拉通东、西部分别发育伸展型克拉通边缘拗陷盆地和克拉通内拗陷盆地;在石炭纪—早二叠世伸展作用阶段,西南—西部和东部分别发育克拉通边缘拗陷盆地和克拉通内拗陷盆地。在中—晚奥陶世至志留纪—泥盆纪、晚二叠世挤压作用阶段,发育了克拉通内挠曲盆地或前陆盆地。

(二) 古生代—中生代三叠纪四川盆地结构、构造沉积演化

四川盆地沉积盖层区域性不整合面主要有 4 个,即 AnZ-Z、Z-Є、S-D、T₂-T₃,分别代表了晋宁运动、桐湾运动、加里东运动、印支运动。依据上述局域性不整合将四川盆地地层划分出 4 个构造地层层序,从下往上依次记为 TS₁—TS₄(图 1.3)。通过对四川盆地构造层序地层的分析,可以将四川盆地的形成、演化分为 3 个阶段,即中-新元古代—早古生代克拉通拗陷演化阶段,晚古生代—早-中三叠世克拉通内裂陷演化阶段以及中-新生代前陆盆地演化阶段(翟光明等,2002)。

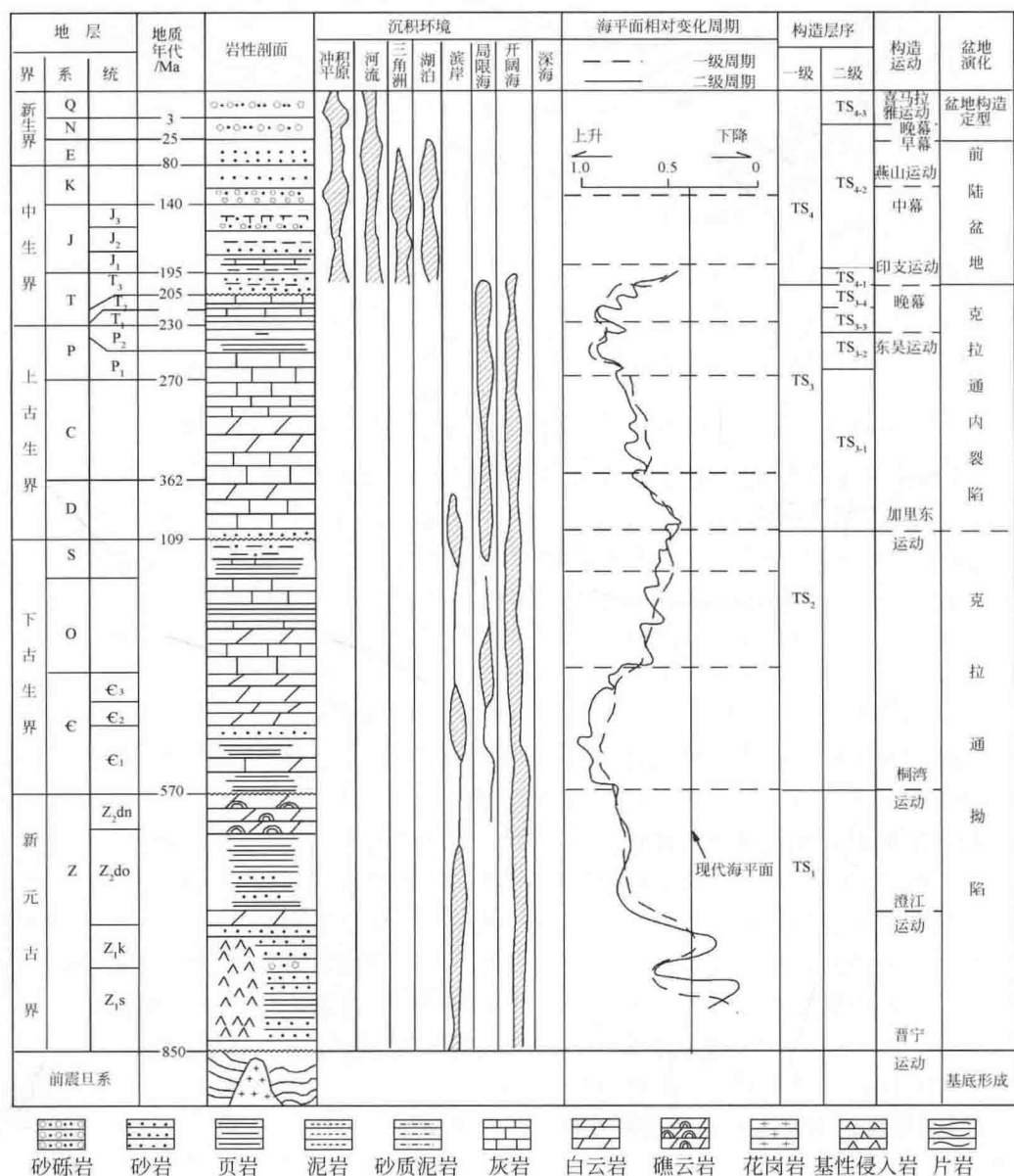


图 1.3 四川盆地构造层序地层划分与盆地演化(据翟光明等,2002)

早古生代四川克拉通盆地总体处于相对较稳定的以隆升和拗陷作用为主的构造背景中,盆地内部次级构造单元以发育隆起区和拗陷区为主。晚震旦世至晚寒武世隆起区的分布仅限于西侧,古隆起以东的广阔拗陷区为浅水海域,以发育碳酸盐岩为主,总体上自盆内向盆缘具有岩相变化缓慢、厚度变化不大的特征。自奥陶纪开始隆起区不断自西向东或自南向北扩大,古陆呈半环状展布,被古陆围限的拗陷区主要向北东方向开口,西浅东深、地形平缓,岩相和厚度变化不大,略具向东加深增厚的变化趋势;古陆前缘与拗陷区的过渡部位为滨浅海沉积区,总体厚度较薄。志留纪因受江南古陆隆升和向西推挤逆冲的影响,海域反转为东浅西深,并有较大幅度的起伏变化,由东向西出现三角洲砂泥岩建造向浅海灰泥砂建造的过渡,古陆边缘仍以滨浅海沉积为主。

晚古生代四川克拉通盆地同样处于稳定构造背景中,泥盆纪—石炭纪,除克拉通边缘部分外,大都处于剥蚀状态;早二叠世海侵使盆地大部分淹没形成以浅水碳酸盐沉积为主的克拉通沉积盆地,东吴运动后发生整体隆升,造成明显侵蚀间断,沉积作用发生分异;三叠纪仍以克拉通盆地为背景,发育陆相—浅海相沉积。克拉通盆地内部次级单元包括隆起区和拗陷区,拗陷区由浅水碳酸盐岩或碎屑岩组成,岩相厚度变化不大;隆起区前缘为海陆交互相碎屑含煤岩系。

从整体上看,四川克拉通盆地内部各时期海进—海退沉积层序非常清晰,由构造隆升引起的大规模海退及风化剥蚀作用形成的侵蚀暴露面和古喀斯特界面常见,尤以乐山—龙女寺水下古隆起内发育于灯影组二段(局部为灯影组三段)、上寒武统洗象池群以及古隆起边缘中奥陶统宝塔组顶部的古喀斯特界面最为重要,发育古岩溶型碳酸盐岩储层,形成岩性地层油气藏,富集天然气。志留纪末在古板块内部形成大隆、大拗构造背景,如乐山—龙女寺古隆起与江南古隆起间有湘鄂西拗陷,乐山—龙女寺古隆起与黔中古隆起间有川南拗陷。大型隆起经过泥盆纪—石炭纪强烈的剥蚀,可见二叠系盖在下古生界不同层位上,如乐山—龙女寺古隆起和滇东—黔中古隆起。这样隆拗相间的构造格局,十分有利于碳酸盐岩孔洞层的形成,可形成大型岩性圈闭。

(三) 古生代鄂尔多斯盆地结构、构造沉积演化

鄂尔多斯盆地发育在一个完整的地块之上,后者是华北地台中一个轮廓清晰且非常稳定的克拉通地块,在四周被相互断续连接的新生代地堑系所围限,地堑与地块之间常有逆冲断裂带发育,故有些地段构造边界就有些模糊;其南界和东界为汾渭—大同静乐地堑,北界为河套地堑,西界为银川地堑;相应地除北缘为伊盟隆起外,南及东西边缘均有逆冲带发育,这就是著名的盆地西缘逆冲带和南缘渭北逆冲带,后者至少延伸到太原盆地南的霍山一带。

其稳定性表现在,除东缘外,地块内平缓变化的重磁场与周边地区的线状重磁场形成鲜明对照,平缓变化的地壳厚度、岩石圈厚度与地温梯度等都表明其构造变动比较平静。鄂尔多斯盆地在古生代一直是一个克拉通台盆,早期为厚度不大的滨浅海相沉积,晚期为河湖相沉积;中生代为一个统一的大型山前凹陷盆地;新生代整体隆起,整体升降、掀斜特征明显,内部凹陷隆起的继承性强,这些特征均表明,鄂尔多斯地区是我国最典型的克拉通地块和克拉通台盆(翟光明等,2002)。