

上扬子板块西部边界地区 构造演化

TECTONIC EVOLUTION ON THE WESTERN BORDER AREA
OF UPPER YANGTZE PLATE

雷永良 李本亮 陈竹新 石听 张朝军 著

石油工业出版社

本书由国家重大专项（批准号：2008ZX05003-001）/ 国家自然科学基金项目（批准号：40702035）联合资助

上 扬 子 板 块 西 部 边 界 地 区 构 造 演 化

TECTONIC EVOLUTION ON THE WESTERN BORDER AREA OF UPPER YANGTZE PLATE

雷永良 李本亮 陈竹新 石 昕 张朝军 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了上扬子板块西部边界地区在特提斯构造域体制和青藏高原隆升体制下, 古生代和中生代的构造演化和沉积作用及新生代的构造运动, 最后介绍了该区的油气地质特征。

本书可供地质、构造专业的研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

上扬子板块西部边界地区构造演化/雷永良, 李本亮等著.
北京: 石油工业出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-5021-7912-0

I . 上…

II . ①雷…②李…

III . 地质构造 - 研究 - 华东地区

IV . P548.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 140418 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523544

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11.75

字数: 226 千字 印数: 1—1300 册

定价: 48.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

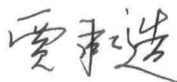
序

上扬子板块西部边界地区的克拉通及其被动大陆边缘沉积是中国天然气勘探的主战场之一，毗邻隆升的青藏高原东缘，也是当前陆内构造变形研究的热点和焦点地区。上扬子地区是中国天然气勘探和开发最早的盆地，现今勘探的需求已不仅仅局限于研究和认识盆地内部和浅层，更需要关注早期沉积的深层克拉通及其被动大陆边缘盆地。探讨上扬子西部地区的构造—沉积边界和新生代构造演化特征关系到勘探领域的进一步拓展问题。

《上扬子板块西部边界地区构造演化》一书基于上扬子板块西部地区古生代—早中生代特提斯构造域的构造—沉积特征和新生代陆内变形的构造演化两方面开展了系统分析和总结。从特提斯构造域、被动大陆边缘和环青藏高原盆山体系的视角探索了扬子板块西部边界的学术思想和科学含义。既深化了上扬子西部边界板块构造地质理论，也为龙门山前陆盆地的基础地质研究奠定了认识基础，提出了扬子板块西部边界的板块构造演化模式、大陆动力学背景和陆内构造变形的时空关系。

本书的作者是一群富有创新精神的青年地质研究者。该书既承载了构造地质学已有的历史传统，也兼容了油气构造地质发展的大胆创新，在继承中有发展，在综合中显独见，在探索中求新意。该书对深入分析上扬子板块西部边界的地质基础、拓展油气勘探视野均有理论和实践意义。

中国科学院院士



2010 年 12 月

(2008ZX05003-001) 和国家自然科学基金“川西地区中、新生代构造—热演化史研究”(40702035) 项目资助下完成。研究工作和书稿编写得到了中国石油股份公司贾承造院士的大力支持和悉心指导,他以超前的科学洞察力给予我们科研思维上的启发,在此表示衷心感谢!感谢中国科学院地质与地球物理所钟大赉院士对本项研究的指导和帮助;感谢中国石油勘探开发研究院魏国齐教授、张水昌教授、宋岩教授对本书出版的支持;感谢北京大学郭召杰教授,浙江大学肖安成教授和陈汉林教授,南京大学贾东教授的热情指导。中国石油勘探开发研究院闫继红同志和石油工业出版社马新福编辑为本书出版付出了大量心血,一并致谢。

由于笔者水平有限,书中诸多不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

前 言

上扬子板块西部边界地区经历了复杂的构造演化过程。该地区古生代—中生代与特提斯构造域的演化关系密切，克拉通内部及被动大陆边缘接受了巨厚的沉积；新生代以来，青藏高原的隆起和克拉通边缘的改造，该地区卷入环青藏高原盆—山体系的陆内变形，导致了上扬子板块西部边界的地质构造特征复杂，对构造演化过程的认识也尚存一些分歧。上扬子板块是中国油气勘探的重要战略接替领域之一，本书试图结合上扬子板块西部边界地区构造域体制的转变，从区域上探索不同时期的边界构造演化特征，探讨新生代以来在青藏高原隆升体制下的构造运动格局，以期对上扬子板块西部地区油气勘探提供进一步的地质认识。

本书在前人研究基础上，通过地质和构造分析系统总结了上扬子板块西部地区被动大陆边缘沉积体系的发展和演化特征，结合年代学研究构建了研究区新生代构造演化的基本格局。本书以特提斯构造域和环青藏高原盆—山构造域的发展演化为研究主线，主要认识如下：

(1) 通过上扬子板块西部地区的基底结构和岩石圈特征分析，认为上扬子板块的基底自显生宙以来由于多期板块构造聚—散过程导致其被不同时期构造边界分割，形成多个地块组成的微大陆。重、磁异常显示构造边界存在不同时期、不同深度和不同规模的叠加作用，导致横向上的不均衡性和纵向上的分层性，研究区由此孕育了新生代构造边界的深部动力学背景。

(2) 特提斯构造域体制决定了上扬子板块西部边界地区晚震旦纪—早中生代的海相克拉通—被动大陆边缘为特色的沉积体系，构造边界具有随不同时期洋盆演化总体向克拉通方向迁移更新的特征。晚印支期，随着古特提斯构造域演化阶段的结束，被动陆缘和克拉通边缘转化为周缘前陆盆地，上扬子板块西部地区发育陆相沉积体系。

(3) 青藏高原碰撞—隆升的构造体制决定了上扬子板块西部地区新生代的构造演化以陆内变形的迁移和扩展为特征，表现为边界构造带在不同碰撞阶段的大规模走滑和逆冲—冲断构造变形，并在一定程度上造成区域上的新生代构造活动格局的南、北差异，或者说是南西西—北东东差异。

(4) 特提斯构造域体制奠定了上扬子板块西部地区古—中生代海相被动大陆边缘沉积盆地油气成藏的物质基础，但在青藏高原碰撞—隆升体制下，新生代南强北弱、西强东弱的构造活动格局制约了盆地的构造—热体制，决定了油气藏改造与保存条件。一定程度上，它也限制了研究者对上扬子板块西部地区被动大陆边缘油气地质的深入认识。

本书在国家重大专项下属课题“中西部前陆盆地构造地质与沉积储层特征”

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 上扬子板块西部边界的差异认识	2
第二节 上扬子西部地区新生代构造研究	4
第三节 上扬子西部地区油气地质特征	8
第四节 研究思路与研究认识	12
第二章 上扬子板块西部地区的基底特征和岩石圈结构	16
第一节 基底岩系的地质特征	16
第二节 地球物理特征和岩石圈结构	26
第三章 上扬子板块西部边界地区的构造演化和沉积作用	40
第一节 晚震旦世—早古生代的构造演化与沉积作用	41
第二节 晚古生代—早中生代的构造演化与沉积作用	47
第三节 中生代中晚期以来的构造演化与沉积作用	71
第四章 上扬子板块西部边界地区新生代构造活动和构造变形	77
第一节 新生代构造边界的变形和活动特征	77
第二节 新生代多阶段构造活动的时序特征和分布格局	103
第三节 龙门山北段—米仓山新生代构造事件和活动带的迁移特征	109
第四节 新生代构造边界的迁移和演化特征	122
第五章 石油地质条件与油气远景	127
第一节 沉积演化过程对油气地质条件的制约	127
第二节 新生代构造演化对油气演化的制约	131
第三节 油气勘探展望	137
参考文献	144

第一章 绪 论

扬子板块是一个略呈东西向、横亘于我国南方广阔地带的构造单元，总面积近百万平方千米。其台缘和台内坳陷其中有以碳酸盐岩为主的巨厚的古、中生代海相沉积岩系，生油物质基础雄厚，发育有多层系生储盖组合，其生油气量和资源量相当可观，且油气显示较普遍，具备形成大中型油气田的客观条件（陈焕疆和邱之俊，1988），是中国南方油气勘探的重要领域。

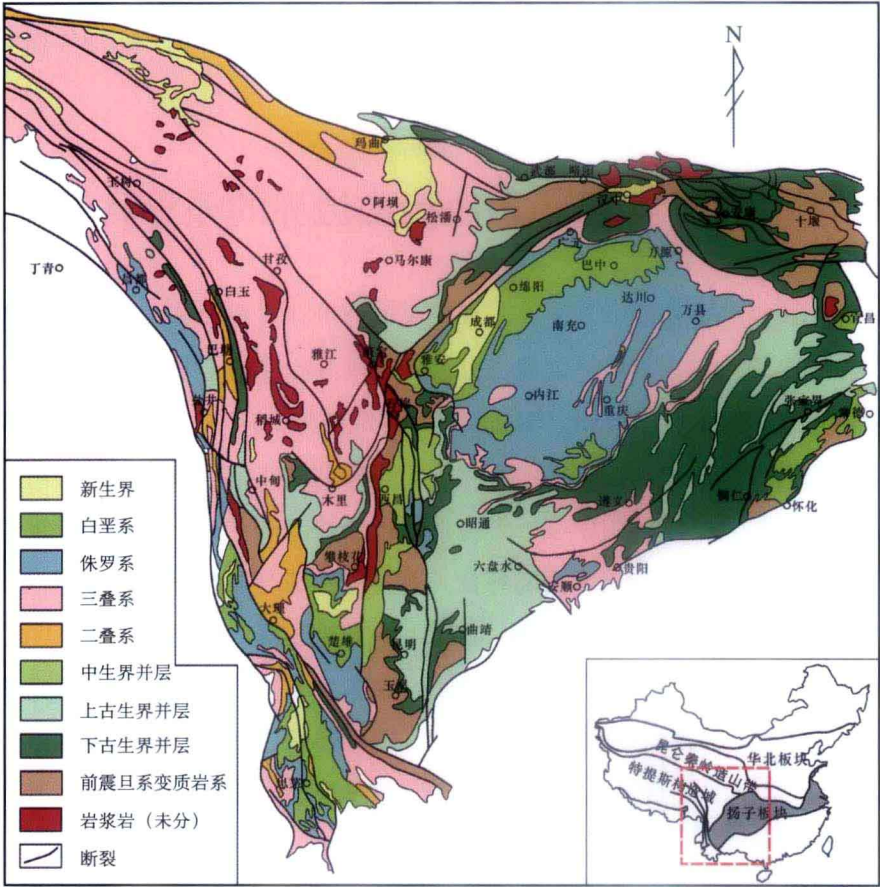


图 1-1 上扬子板块西部地区地质略图

在上扬子地区（图 1-1），除四川盆地外，滇、黔、桂地区的找油气工作，从 20 世纪 50 年代至今未曾中断过。四川盆地是中国天然气的工业基地，具有丰富的石油和天然气资源，“三次资评”结果指出盆地天然气总资源量达 $53477.4 \times 10^8 \text{m}^3$ 。它是中国油气资源勘探和评价的战略发展基地之一（罗志立，1997；高瑞祺和赵政章，2001；赵文智和何登发，

2002; 马力等, 2004; 翟光明和何文渊, 2005; 贾承造, 2005, 2006; 魏国齐等, 2005; 沃玉进等, 2006; 肖开华等, 2006)。

近年来, 随着研究和勘探工作的不断开展, 盆地深层的中下组合成为关注的重点。贾承造(2006)指出, 研究中下组合就是研究沉积盆地的克拉通部分, 克拉通的范围通常要比依据中、新生界沉积划分的盆地范围大得多。上扬子板块克拉通及其边缘沉积是中国油气勘探的重要战略接替领域之一。但在上扬子板块西部地区, 印支期—新生代以来, 由于克拉通边缘的改造和青藏高原的隆起, 导致了上扬子板块西部的边界特征不清晰。而以盆山界线或相邻构造带所界定的上扬子克拉通勘探边界的认识也使得四川盆地以西的油气地质研究相当薄弱。这在一定程度上不利于重建上扬子板块地区完整的构造演化历史, 也不利于构建上扬子板块西部地区油气勘探的全景认识。因此, 探讨上扬子板块西部地区边缘的改造、演化历史, 研究其边界地区的沉积作用和新生代构造演化, 对油气勘探前景的进一步认识具有重要的意义。

第一节 上扬子板块西部边界的差异认识

关于上扬子板块西部边界的界定, 长期以来研究上存在较大分歧。早年的研究把龙门山—大巴山深断裂定为扬子西缘—北缘深断裂, 分隔开扬子地台和秦岭地槽, 龙门山断裂向西南延伸穿过康滇地轴北端构成地轴之西界(黄汲清等, 1974)。近年来, 随着地质和深部地球物理资料的充实, 红河、安宁河、龙门山等断裂被认定为岩石圈深大断裂。一些研究者也因此认为, 红河、龙门山断裂一带是扬子板块西部的重、磁异常的梯级带, 反映岩石圈厚度的陡变, 且具有切割莫霍面的特征, 可作为构造分区的界线(程裕淇, 1994; 王椿镛等, 2002; 马力等, 2004; 钟锴等, 2005)。在地质上, 程裕淇(1994)认为龙门山断裂在中元古代为大洋与东侧火山弧的结合带, 在二叠纪—三叠纪可能是调整西部巴颜喀拉弧后盆地中诸裂谷系活动的强烈扩张区和扬子稳定陆块之间的一条转换断层; 刘肇昌等(1996)认为应将龙门山—安宁河岩石圈断裂视为元古宙扬子区的西部边界, 其西部广泛出露的前震旦系是外来的或自大陆裂离又增生的地体; 王二七等(2001)认为, 龙门山中的汶川—茂汶断裂具有协调古特提斯海和华南地块之间相对运动的转换断层性质, 在印支早期(早三叠世)协调松潘—甘孜特提斯洋盆沿甘孜—理塘俯冲带向义敦岛弧带之下消减, 在印支晚期(晚三叠世—早、中侏罗世)协调松潘—甘孜三叠纪复理石带的缩短, 形成松潘—甘孜三叠纪复理石带和龙门山的变形。据此理解的龙门山断裂带似乎应视为上扬子板块西缘的转换边界。汪泽成等(2002)认为, 龙门山、城口、安宁河等断裂都是发生在晋

宁期的深断裂,长期以来龙门山断裂两侧的沉积建造和地层厚度都有着明显的差异,因此是划分扬子准地台与西北侧松潘—甘孜地槽区的边界断裂。

然而,有研究者指出,上扬子板块的西界过去划在龙门山和“康滇地轴”一带,但根据一些研究资料,其界限应向西北方向扩展(陈焕疆和邱之俊,1988)。林茂炳(1994)提出,龙门山推覆构造带陆内造山的机制与区域性的板块构造活动密切相关,喜马拉雅期是其就位、造山的主要时期。特提斯构造带在青藏板块活动的影响下推覆于原扬子板块之上,在龙门山构造带构成了叠置关系,从而掩盖了扬子板块的真正西部边界,扬子区域的真正褶皱基底至少在现今黑水至道孚一带,西北可至昆仑山一带(林茂炳,1994)。随后的研究也发现,龙门山南段的宝兴杂岩、宝兴复背斜及龙门山中段的彭灌杂岩是多个冲断构造岩片组成的无根推覆岩块,其根带是康定杂岩原来的顶部(宋鸿彪和刘树根,1991;林茂炳,1995)。而在盆山边界上,四川盆地西部的龙门山推覆构造带仅在地形上具有上扬子板块西部与青藏高原东缘或松潘—甘孜构造带的分界特征。

崔军文等(2006)认为,由于青藏高原的边界具有扩展性,其东缘由龙门山、小江—安宁河断裂带构成的结合带是青藏高原与扬子地块的构造边界,兼有逆冲和走滑双重扩展性质。而形成于印支—燕山期陆陆碰撞的龙门山—锦屏山,主体的造山隆升期在新生代(颜丹平等,1997)。这意味着,龙门山、小江—安宁河断裂带明显具有新生代构造边界的色彩。

上扬子板块西部边界的观点分歧实质上关系到与四川盆地相邻的西部松潘—甘孜地区的板块归属问题。但对这一问题的认识也同样观点纷呈。

松潘—甘孜地区以拥有巨厚的三叠系复理石沉积为特征。Sengor(1984)视松潘—甘孜复理石地体为古特提斯洋壳基底上的弧前盆地;俞如龙等(1989)将其视为华力西晚期(泥盆纪)以来,以澜沧江—双江断裂带为北界的古特提斯洋三江弧的弧后盆地以陆壳为基底的边缘海;Yin和Nie(1993),Busby和Ingersoll(1995)和张雪亭等(2005)认为松潘—甘孜具有残留洋盆沉积性质;张以葑等(1994)则将其划入三叠纪内陆海盆地;杨宗让(2002)认为松潘—甘孜是古特提斯洋晚石炭世—晚三叠世(C_3 — T_3)时期向北俯冲过程中,在弧沟间隙之间增生而发展在冈瓦纳大陆北缘的一个大型弧前盆地,但他所描述的金沙江缝合带的消减俯冲极性与莫宣学等(1993)的研究认识相矛盾。

此外,任纪舜和肖黎巍(2004)认为,松潘—甘孜是一个晚二叠世—三叠纪(浊积岩)裂陷盆地,是特提斯洋裂陷初期的产物,但这一浊流盆地则是奠基在劳亚大陆南缘之上。王二七(2004)则提出,松潘—甘孜复理石盆地可能是发生在扬子地块与华北地块间的大型前新生代侧陆盆地,其物源可能来自古生代末—中生代初碰撞的秦岭—大别山地

区 (Yin 和 Nie, 1993; Nie 等, 1994)。

一些研究者提出松潘—甘孜应归属于扬子大陆的认识。罗志立 (1983) 认为, 松潘—甘孜复理石地体是华力西—印支运动期扬子古板块向东漂移, 而在其后缘 (西缘) 拉张形成的晚二叠世—早三叠世的边缘海; 张渝昌等 (1989) 认为, 龙门山以西的大片三叠系褶皱层之下、松潘—阿坝地区外缘断裂带或缝合带上的古生代沉积均具有与扬子地区台地相沉积的特征, 标志着它们原来都是扬子台地 (四川盆地) 向西延伸的部分; 许志琴等 (1992) 认为, 松潘—甘孜复理石地体的主体构筑在扬子地块西缘的被动陆缘之上, 由于印支期扬子陆块向西和向北的双向斜向大陆俯冲, 在构造上松潘—甘孜造山带的山链显示自北向南和自西向东岩片叠置的“双向极性”; 殷鸿福等 (1992, 1997) 认为, 松潘、甘孜至可可西里的大片地区原属于华南板块, 在二叠纪可能为大片碳酸盐岩台地, 但三叠纪发生裂陷—坳陷作用, 其中的复理石沉积为古特提斯闭合和昆仑山造山后剥蚀搬运的浊积扇, 与恒河地区的孟加拉湾相似。此外, 依据基础的地质和地球物理资料, 大量的相关讨论也在构造演化、沉积和地球物理特征等方面展开 (罗建宁, 1992; 刘训等, 1992; 段吉业和葛肖虹, 1992, 2005; 蔡立国等, 1993; 侯立玮等, 1994; 杨逢清等, 1994; 庞存廉等, 1996; 许士进等, 1996; 葛肖虹和刘俊来, 2000; 潘桂棠等, 2004; 张国伟, 2004; 胡健明等, 2005; 赵志丹等, 2005; 高锐等, 2006; 雷裕红等, 2006; 赵永久等, 2007)。

近年来, 一些研究者基于地层层序研究、沉积重建和沉积物物源分析, 提出松潘—甘孜的三叠系复理石沉积为叠加在扬子板块上的周缘前陆盆地 (潘桂棠等, 1997; 张以葍等, 1997; 徐强等, 2003; 李继亮等, 2007; 闫臻等, 2007), 其浅部和深部构造都以冲褶皱席为特征 (李继亮等, 2007); 三叠纪不同阶段的沉积作用在不同地区形成不同相 (张以葍等, 1997; 闫臻等, 2007; 孟庆任等, 2007); 反映浊流沉积的鲍马层序虽然普遍存在, 但并非全部为真正的浊流沉积 (孟庆任等, 2007); 而三叠系沉积物的物源特征复杂 (Gu, 1994; Zhou 和 Graham, 1996; Bruguier 等, 1997; 王全伟等, 2001; Weislogel 等, 2006; 曾宜君等, 2006; 陈岳龙等, 2006; 兰中伍等, 2006; 刘飞等, 2006; 苏本勋等, 2005, 2006; 孟伟等, 2007; 王伟等, 2007, 2008), 对源区构造环境则没有形成统一的认识。

第二节 上扬子西部地区新生代构造研究

一、新生代是陆内变形的重要时期

大量的研究认识表明, 在上扬子板块西部地区, 川西、龙门山构造带以及青藏高原

东部现今的地形地貌现象是新生代印藏板块碰撞的产物,但它们经历了一个复杂的演化过程(卢华复等,1989;刘树根等,1993,1995,2001;Chen等,1994;Dirks等,1994;Worley和Wilson,1996;陈社发等,1994a,b)。晚古生代—中生代期间,上扬子西部边界地区与古特提斯构造域存在密切联系,卷入古特提斯的构造演化体制(黄汲清等,1977;任纪舜等,1991,1997;许志琴等,1992;钟大赟等,1998;Ren和Xiao,2002;贾承造,2005;莫宣学和潘桂棠,2006);印支期以后逐渐转变为陆内环境(邓康龄,1992;刘和甫等,1994;罗志立等,1995;郭正吾等,1996);新生代以来,随着高原的隆起,突出以陆内变形为特征的构造变形和构造活动(许志琴等,1992;钟大赟和丁林,1996;贾承造,2007)。

贾承造(2007)指出,中国喜马拉雅构造运动的陆内变形特征及其分布规律受控于小型克拉通板块拼贴的基底结构和印欧板块碰撞与太平洋板块俯冲所主导的双重控制因素,并集中体现在青藏高原隆升区、环青藏高原盆山体系、稳定区、环西太平洋裂谷活动区四个构造域。上扬子板块作为青藏地区和华南地区陆内构造变形的转接部位,是环青藏高原盆山体系的重要组成部分。响应青藏高原隆升效应的盆山构造体系表现为在古板块内部发育构造相对稳定的克拉通盆地,在古板块边缘发育前陆盆地或前陆冲断带,在古板块之间形成新的造山带(贾承造,2007)。

二、新生代构造变形存在时空差异

上扬子板块西部地区的新生代陆内构造变形在时间上具有多阶段性和复合性。一些研究者认为,在龙门山和川西地区,中、新生代以来至少经历了两次重大的陆陆碰撞事件,即三叠纪晚期华北陆块、羌塘陆块与扬子陆块的碰撞以及早新生代的印藏碰撞,并发育了两类前陆盆地,即印支期周缘前陆盆地和喜山期再生前陆盆地(刘树根等,1995;贾东等,2003;魏国齐等,2005;陈竹新等,2005a,b;Jia等,2006;许志琴等,2007);龙门山前陆冲断带的动力模式可归结为推挤和重力滑移两个连续的阶段(陈智樑和陈世瑜,1994);龙门山经历了印支期的褶皱造山,喜马拉雅期的推覆造山(林茂炳,1994);早期的深层陆内俯冲控制了晚期的浅层多阶段、多层次滑脱(罗志立等,1995)。

一些研究者基于构造事件的研究,认为扬子西缘新生代岩浆活动时代为65~35Ma、40~30Ma和15~10Ma(俞如龙,1996);新生代特别是第四纪以来发生了造山带的主体隆升(颜丹平等,1997);中新世是青藏高原东部隆升、龙门山崛起及变质杂岩折返的主要时代(许志琴等,1999);川西前陆盆地和龙门山地区自白垩纪以来较大的构造运动时间分别在约60Ma、40~35Ma、25~20Ma、10Ma和早更新世—中更新世之间(刘树根等,

1996, 2001); 龙门山逆冲推覆带在渐新世有脆性再活化, 中新世有过差异剥露 (Chen 和 Wilson, 1996; Arne 等, 1997) 等。但仍存在诸多认识上的不一致, 使得上扬子板块西部边界地区新生代的构造演化历史显得扑朔迷离。

在空间上, 上扬子板块西部地区的陆内构造变形由于受中国南方大陆在印欧碰撞及其持续挤压效应和西太平洋沟—弧—盆体系的有序扩张的影响, 表现出断裂、褶皱变形等构造形迹主体呈 NE—NNE 向展布的有序性特征 (刘树根等, 1995; 冯向阳等, 2003)。但在龙门山构造带上, 南、北的构造变形则存在明显的差异 (Burchfiel 等, 1995)。龙门山褶皱冲断带北段表现为晚三叠世的强变形, 南段则突出新生代的变形特征 (贾东等, 2003; 陈竹新等, 2005b; Jia 等, 2006); 龙门山推覆构造中段是由北西向南东前展式发展 (陈社发等, 1994a, b; 马永旺和杨尽, 2001); 晚新生代龙门山的重力垮塌侵蚀作用表现出南强北弱的特点 (Meng 等, 2006)。

然而, 由于龙门山中、北段及其前缘凹陷多缺乏新生代的地层记录, 南段零星分布的新生界又多砾石层, 无标准化石, 因而对龙门山造山带和川西前陆盆地新生代的构造运动、变形以及盆山转换发生的时限通常难以直接判定 (Burchfiel 等, 1995; 刘树根等, 1996; 贾东等, 2003)。这使得利用不同的研究手段, 深入地探索和揭示上扬子板块西部地区的新生代构造演化历史成为目前研究中面临的重要问题之一。

三、高原隆升和造山带陆内变形的动力学机制有待进一步认识

多年来, 在上扬子板块西部边界地区相继开展的一系列研究注重提出并检验西部高原隆升和造山带形成的理论模型。如“滑移—逃逸”模型 (Molnar 和 Tapponnier, 1975; Tapponnier 等, 1976, 1982, 2001; Petlzer 等, 1988; Avouac 和 Tapponnier, 1993)、“地壳增厚”模型 (England 等, 1985, 1988; Molnar, 1988)、“双向—多边大陆俯冲”模型 (Matauer, 1986; 许志琴等, 1999)、“下地壳流”模型 (Royden 等, 1997; King 等, 1997; Clark 等, 2000, 2004, 2005; Kirby 等, 2000; Shen 等, 2005) 等, 认识和观点存在较大的分歧和争议。其中, 根据“大陆块体逃逸”理论模型 (Tapponnier 和 Molnar, 1976) 所理解的扬子大陆, 在新生代时期处于被动后退的状态, 这一观点已遭到张连生和钟大赉 (1996) 的质疑。他们认为所谓的新生代“大陆逃逸”, 应是在印度和华南板块双向的挤压作用下, 由于太平洋板块加速俯冲, 南海作为主动盆地扩张, 引起扬子地块在 35 ~ 20Ma 期间由 SE 向 NW 方向运动, 而印支块体沿红河断裂滑出 (张连生等, 1996)。目前, 根据 GPS 的研究结果表明, 尽管挤压所造成的高原内部物质向东“逃逸”现象存在, 但方式和范围均较为复杂, 不支持青藏高原东部地区大规模、高速率的向东“逃逸”理论 (甘

卫军等, 2004)。

近年来, 一些研究者基于对上扬子西部龙门山地区的研究提出的“下地壳流”模型认为, 龙门山造山带在某种程度上表现了壳幔上部的耦合特征, 其成因在于青藏高原之下有一个下地壳通道流的侧向挤出 (Royden 等, 1997; Clark 等, 2000, 2004; Meng 等, 2006)。也有研究者认为, 快速的地表剥露能引起深部流变物质的逸出 (Beaumont 等, 2001), 而龙门山高陡的地势和梯度正是由于这种弹性岩石圈的侵蚀卸载造成 (Densmore 等, 2005; 李勇等, 2005, 2006)。Shen 等 (2005) 提出, 在印度板块—青藏板块碰撞的早期阶段, 青藏的地壳增厚程度还不足以产生黏滞性的通道流, 块体的侧向逸出可能对协调印度大陆楔入亚洲大陆的变形起作用, 但现今青藏高原的岩石圈厚度巨大, 其东南部的地壳变形可能主要来自下地壳黏滞流效应。

此外, 有研究者认为, 上扬子板块西部地区新生代的陆内变形形成于大陆俯冲的动力学机制。邓晋福等 (1995) 认为, 由于扬子大陆向松潘—甘孜褶皱带下的陆内俯冲, 形成上叠于扬子大陆的龙门山逆冲推覆构造带; 罗志立等 (1995) 认为, 中国大陆拼合及前陆盆地形成之后形成“C”形 (中国型) 的大陆俯冲; 许志琴等 (1999) 根据深部地球物理测深资料认为, 龙门山上部表现为向东南侧盆地逆冲推覆和滑覆, 而深部则表现为扬子板块呈楔状鳄鱼嘴形插入松潘岩石圈中, 显示大陆向西运动和深俯冲的特征。但在川西地区的其他深地震反射剖面中, 龙门山的下地壳内并未发现向东倾斜断裂的证据 (王椿镛等, 2003b)。因此这些研究认识还有待进一步论证。

根据现今的 GPS 观测结果, 龙门山相对于四川盆地并无明显的相对位移 ($1 \sim 3 \text{ mm/a}$) (King 等, 1997; Chen 等, 2000; Shen 等, 2005); 活动断层的证据少 (Chen 等, 1994; Burchfiel 等, 1995; Kirby 等, 2000); 邻近边缘缺少新生代前陆盆地与山脉边缘为主冲断构造不相一致 (Burchfiel 等, 1995)。同时, 近年来的岩石学、地震层析成像和深地震反射等资料也反映, 尽管扬子板块可能存在向大别山下和向滇西造山带下的俯冲, 松潘地块可能存在向西秦岭下地壳的俯冲, 但俯冲的历史可能主要发生在印支期或古特提斯洋闭合时期 (徐佩芬等, 1999; 刘福田等, 2000; 周建波等, 2001; 高锐等, 2004, 2006)。

综上所述, 上扬子板块西部地区的新生代陆内变形与青藏高原及其周缘造山带存在密切联系, 卷入了环青藏高原盆山构造域体制。目前的研究对于经历了陆块碰撞和陆内会聚强烈改造的扬子西部来说还远远不够, 高原隆升体制下的新生代构造变形特征和构造演化格局还有待深入研究。

第三节 上扬子西部地区油气地质特征

一、特提斯构造域和被动大陆边缘

(一) 特提斯构造域

国内外地质学家把全球划分为特提斯构造域、北方欧亚构造域、南方冈瓦纳构造域和太平洋构造域四个含油气构造域 (Klemme 和 Ulmishek, 1991; 甘克文, 2000), 认为世界上重要的油气资源均储集在这四大构造域中, 其中分布在特提斯构造域中的油气可采储量占 68% (Klemme 和 Ulmishek, 1991)。特提斯是全球板块演化过程中存在的古“中央地中海” (钟大赉等, 1998)。特提斯构造域是欧亚大陆南部一条全球性纬向展布的构造带, 是欧亚大陆与冈瓦纳大陆之间古海洋最终闭合消亡形成的巨型构造带, 它不仅包含造山带, 也包含其间和相邻的沉积盆地 (图 1-2)。与特提斯构造域有成因联系的沉积盆地可分为特提斯北缘盆地群、特提斯内部盆地群和特提斯周缘盆地群等 3 个沉积盆地群 (贾承造等, 2001)。中国中西部沉积盆地属于特提斯北缘盆地群, 中、新生代的沉积和前陆冲断带构造特征主要受特提斯构造域演化的控制 (贾承造, 2005)。

特提斯构造域面积仅为全球的 17%, 但它记录了特提斯洋的发生、发展和消亡的全过程, 其形成和演化对构造域的盆地形成和发育起控制作用, 因此也控制着中东—中亚等世界级大油气区的分布 (贾承造, 2005)。在亚洲地区, 特提斯构造域的油气主要分布于前陆盆地和克拉通被动大陆边缘盆地, 其次分布于裂谷盆地和弧后盆地 (丘东洲, 2007)。

上扬子板块西部边界地区古生代—中生代的构造演化与特提斯构造域关系密切。盆地演化过程中通常具备广阔平缓而长期的被动陆缘沉积—构造环境, 接受了巨厚的沉积物, 是油气资源的重要勘探领域。

(二) 被动大陆边缘

被动大陆边缘是在拉张应力体制下地壳减薄、大幅度沉陷的产物, 以生成巨厚的浅海相沉积、岩浆活动微弱、基本上不变形为特征 (马文璞, 1986)。根据马文璞 (1986) 对被动大陆边缘地质特征的总结, 被动大陆边缘在剖面上的沉积记录通常由两部分组成, 下部称为裂陷层系, 上部称为移离层系, 中间为不整合所隔开。裂陷层系是一套含火山物质的陆相粗碎屑堆积, 多位于半地堑 (箕状盆地)。由于地堑群的阻隔效应, 在向洋一侧远离陆源物质补给的下陷盆地中会淀积膏岩等蒸发岩建造。裂陷层系是地壳遭受拉伸、断陷但还未断开阶段的产物; 移离层系为巨厚的海相沉积楔状体, 岩性受当时的大陆形态和气候控

制，可以是碳酸盐岩，也可以是碎屑岩，但由于物质来源丰富，造成超补偿状态，都以进积层系为最大特点。进积层系一方面表现为海岸线不断向内陆侵袭、超覆；另一方面，浅水沉积体又不断向大洋中心方向进侵，可以从海岸平原、大陆架、大陆坡一直推进到与大洋壳的交界处，距离超过 150km（马文璞，1986）。

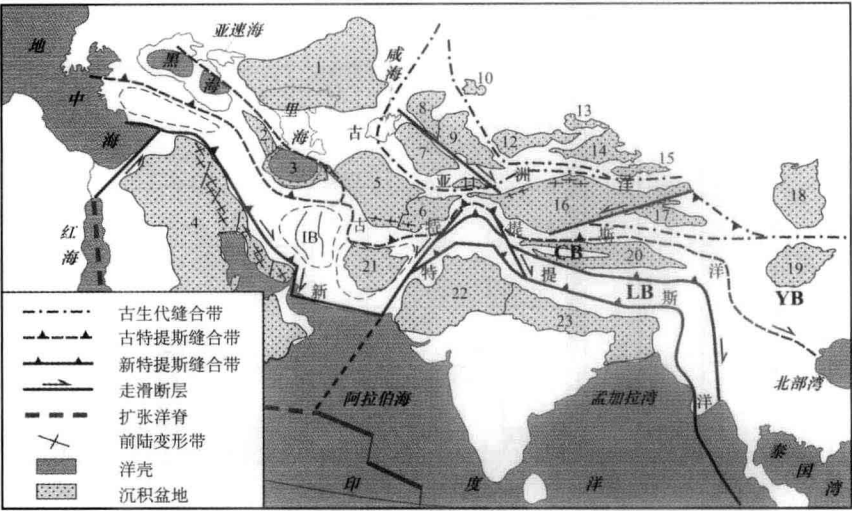


图 1-2 特提斯构造域空间分布示意图（据贾承造，2005）

1—北里海盆地；2—库拉盆地；3—南里海盆地；4—波斯湾盆地；5—卡拉库姆盆地；6—阿富汗—塔吉克盆地；7—锡尔达亚盆地；8—图尔盖盆地；9—萨雷苏盆地；10—田吉兹盆地；11—费尔干纳盆地；12—巴尔喀什盆地；13—斋桑盆地；14—准噶尔盆地；15—吐哈盆地；16—塔里木盆地；17—柴达木盆地；18—鄂尔多斯盆地；19—四川盆地；20—羌塘盆地；21—赫尔曼德盆地（阿富汗地块）；22—印度河盆地；23—恒河盆地；IB—伊朗地块；CB—羌塘地块；LB—拉萨地块；YB—扬子地块

被动大陆边缘盆地为陆壳与洋壳过渡区域，由极为平缓的大陆架外侧的陆坡、大陆隆及部分深海盆地组成。被动陆缘由局限海到开阔海，再由开阔海到局限海的反复发展过程十分有利于多套烃源岩、储集岩和盖层的形成（丘东洲，2007）。由于被动大陆边缘盆地演化漫长，在其演化的早期阶段，烃源岩主要发育于克拉通边缘凹陷的欠补偿盆地及裂谷、大陆衰退裂谷中，以及浅缓坡、深缓坡型台地上，在其演化的晚期阶段，碳酸盐岩缓坡型台地可以演化成镶嵌陆架型台地，如果镶嵌陆架型台地被淹没，则可导致远端变陡峭的碳酸盐岩缓坡发育，而烃源岩只发育于浅缓坡，特别是深缓坡上（张水昌等，2005）。统计数据表明（图 1-3），目前全球 945 个巨型油气田中（可采油 $> 5 \times 10^8 \text{bbl}$ ，气 $> 3 \times 10^{12} \text{ft}^3$ ），被动陆缘油气盆地占 36.08%，大陆裂谷油气盆地占 29.95%，大陆碰撞边缘油气盆地占 19.26%，弧陆碰撞边缘油气盆地占 6.03%，走滑构造边缘油气盆地占 7.83% 和俯冲边缘油气盆地占 0.85%。被动陆缘盆地是将来油气大发现的主要领域。

中国南方特提斯时期的被动大陆边缘盆地主要发生在海平面上升，地块移离加强的晚震旦世—早奥陶世，地块与大陆边缘之间常有同沉积断层相隔，最具代表性的被动大陆边

缘盆地发育在中、上扬子地块的边缘。研究上扬子板块西部地区的被动大陆边缘在大陆碰撞过程中的构造变形，有助于揭示盆山转换的时间、构造序列及机制，同时对于认识油气的迁移和再聚集具有重要意义。

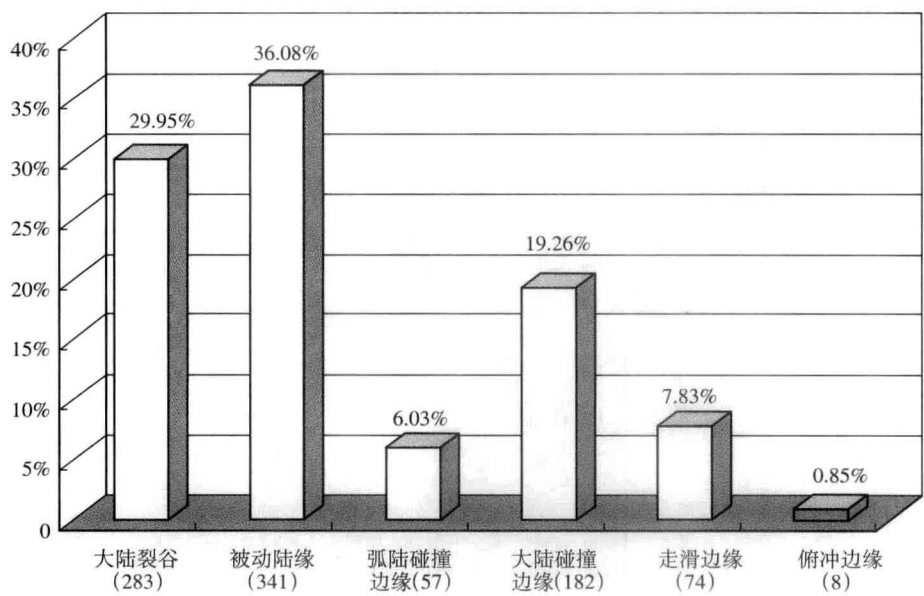


图 1-3 全球巨型油气田构造分类统计 (据 Mann 等, 2007)

二、中国南方油气勘探概况

中国南方含油气区的油气勘探工作始于 20 世纪 50 年代中、后期，经“六五”至“九五”以来的科研攻关和勘探实践，初步形成了对南方海相地层油气地质的基本认识（高瑞琪和赵政璋，2001；马力等，2004；马永生等，2006b）：

- (1) 中国南方有两大勘探领域，一是海相中、古生界，除四川盆地外有利区总面积约 $90 \times 10^4 \text{km}^2$ ，主要勘探选区方向是在南北两个中生代前陆盆地带；二是陆相中、新生界，有利区总面积约 $42 \times 10^4 \text{km}^2$ 。
- (2) 震旦纪到中三叠世发育了克拉通、大陆边缘型和裂谷型沉积盆地，海相地层累计厚度最大超过 10000m，有多套生储盖组合，原始成油气条件优越，并有过大量的油气生成、运移、聚集与成藏过程。
- (3) 经过印支期—喜马拉雅期的构造运动，原型盆地被强烈改造，断裂破碎、冲断推覆、抬升剥蚀、火山活动和岩浆侵入，油气保存条件受到不同程度的破坏，对早期及同期形成的油气藏的破坏、改造及分布起到了决定性的控制作用，原生油气藏普遍被改造（重新分配或破坏），因此，保存条件是本区油气勘探的关键。
- (4) 生油岩有机质热演化程度普遍较高，主要应重视天然气的勘探。一些研究者