中国西部三大海相克拉通含油气盆地沉积–构造转换与生储岩

许效松，刘宝珺，牟传龙，汪正江，万　方

（中国地质调查局成都地质矿产研究所，四川 成都 610082）

摘要：从含油气盆地沉积–构造演化的视角和盆地性质转变的动态观出发，把中国西部的油气盆地划分为4种类型，塔里木、四川和鄂尔多斯3个古生代海相盆地具有相似的地质演化和生储体系。泛大陆解体后，震旦纪—早中奥陶世为被动大陆边缘，中晚奥陶世至志留纪为夭折前陆盆地，代表三大陆块与周边洋盆的盆山转换。构造演化在克拉通上的地质响应表现在3个方面：一是沉积了2套烃源岩，即大陆边缘和‘夭折’的前陆盆地阶段的沉积物；二是形成古隆起、古暴露和古岩溶，并在克拉通上有4个盆山转换面；三是晚古生代海侵盆地阶梯式地上超在早古生代海退盆地序列之上，导致下生上储和封隔盖层。

关键词：中国西部；三大克拉通盆地；早古生代盆山转换；烃源岩与碳酸盐岩储集层

中图分类号：P54；P618.13　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1671–2552(2004)11–1066–08

世界大型油气田多以海相盆地为主，尤其中东和阿拉伯湾的中新生代盆地最为瞩目，因而在海相盆地找油和对比石油地质条件成为各国地学者的关注点。中国的四川盆地开发“火井”历史虽名列世界前茅，但对海相盆地油气资源勘探起步较晚。20世纪80年代在鄂尔多斯和四川盆地海相地层中相继找到大型天然气田，石油勘探则于1984年在塔里木盆地沙参2井奥陶系白云岩中获高产油气流后揭开海相找油的序幕，并于1997年发现了塔河超亿吨级古岩溶储层的大油田[1,2]，相继在塔中16、塔中4构造也取得高产石油，由此海相盆地油气勘探才取得重大的突破。相应在石油地质、有机地球化学、地球物理勘探技术和古喀斯特碳酸盐岩储层的研究[2~4]方面均有成功的经验。

对比中国油气盆地类型、盆地数和资源量可看出（表1），石油以陆相盆地为主，天然气资源主要储集在海相盆地中，约占资源量的2/3以上，石油也占较大比例，因此近几年西部海相盆地油气勘探已成为重中之重。本文以盆地沉积–构造演化和盆山转换为主线，侧重古生代3个海相盆地储集的共性和特殊性[6,7]，试图总结具陆壳基底的克拉通盆地演化对烃源岩沉积的控制性，对加里东构造期形成的古隆起与古岩溶的制约关系提出浅识，为调整海相盆地油气勘探部署和扩大勘探目标提供参考依据。

1　含油气盆地类型划分与盆地分析

沉积盆地分类是估计未发现油气资源的重要基础[8]，但

表 1　中国油气盆地资源量统计和海相与陆相盆地资源量比较

Table 1　Statistics of petroleum resources of petroleum – bearing basins in China and comparison of petroleum resources between marine basins and continental basins

盆地类型	面积 (10^4km^2)	盆地数（个）	石油资源量 (10^8t)	天然气资源量 (10^8m^3)	探明储量 石油(10^8t)	探明储量 天然气(10^8m^3)
海相盆地	230.0	28	340.7	384850.0	12.0257	16158.0
陆相盆地	228.2	461	710.6	155735.0	196.0324	15817.0
合　计	458.2	589	1051.3	540585.0	208.0581	31975.0

注：据中国石化新星公司勘探研究院2000年《中国油气资源预测编图分析报告》和参考文献[5]

收稿日期：2004–07–27；**修订日期**：2004–09–01

地调项目：中国地质调查局《中国西部大中型沉积盆地分析及油气资源远景研究》项目（编号：20011300071）成果。

作者简介：许效松（1934– ），女，研究员，从事盆地分析、构造古地理、石油地质研究。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

含油气盆地分类应有别于沉积盆地的分类方案。国外学者以板块构造、盆地成因的动力机制等为基点,把盆地划分为离散型和聚敛型两大类[9,10],或以盆地的动力因素分为七大类[11]。国内石油地质学家根据中国含油气盆地的特色有多种分类标准,如朱夏[12]的双重分类概念和3T-4S-4M分析油气盆地的思路;田在艺等[13]以盆地构造样式和动力环境划分为4种盆地类型;张渝昌等[8]以中国地质历史为基础,全面地分析了盆地原型与油气响应间的复杂关系;易荣龙❶综合前人研究成果,把中国现有盆地划分为三大类、15种盆地。各分类的基点除盆地的基底性质和归属外,仍以构造和动力因素为主。

笔者理解含油气盆地有2层含义:一是有经济价值的油气盆地,均为板内克拉通盆地、大陆边缘和稳定边缘转化的前陆盆地,石油地质学家对这类盆地均有共识;二是从盆地形成机理和构造古地理观念出发,具有相对沉降的、保存一套相对稳定地层的有效可容沉积空间,具有局部隔档式和大区域型的封盖层。油气勘探的实践经验表明,不少盆地的性质、类型素有争议,或很难定论,具有工业开发价值的油气田很少是单一的构造盆地系统和单一生储盖组合的含油气系统,均是复合或叠合的盆地。多数油气田均具下生、上储或上生、下储的储集成藏组合和盆地结构,此组合是盆地演化过程中盆地性质转换、盆地改造和重组的结果。因此笔者认为,油气盆地类型划分应考虑到盆地构造演化的转换性和叠加性(如本文所称的"天折"的前陆盆地),即盆地形成的前因和后果;以板块构造作为分类原则,又要从实际出发,强调有效可容沉积空间的概念,具有生储层的沉积物和封盖性的组合体系均与盆地性质转化共耦,即以动态观、演化观的思路划分盆地类型。

把中国西部油气盆地置于时、空2个坐标上,分为4类(图1):一是具陆壳基底的克拉通盆地;二是在早古生代褶皱基底和岛弧体系上发育的盆地;三是前陆盆地;四为陆内盆地。该分类方案的分类原则强调3点:一是构造演化制约盆地;二是强调同一盆地在演化过程中性质也发生转换,为下、上2个盆地的延续和叠加发展;三是不同地质历史中盆地基底性质不同,演化过程也不同,而不同的生储组合均与盆地性质和演化密切相关。

1.1　具陆壳基底的克拉通盆地

具陆块基底的克拉通盆地有3个(图1中的(1)类),即扬子陆块的四川盆地、华北陆块的鄂尔多斯盆地、塔里木陆块的塔里木盆地。现今大地构造格架和盆地性质揭示,在地质历史时空演化旋回中,这3个克拉通盆地归纳有5次演化过程:①早古生代海相盆地,组建大陆边缘;②加里东期克拉通转为"天折"前陆盆地;③晚古生代叠加了海侵上超盆地,与下伏早古生代盆地呈低角度不整合或假整合;④海西晚期和印支期转为海陆过渡相的前陆盆地;⑤中新生代陆相盆地。上述演化序列说明,具陆壳基底的克拉通盆地具较强的稳定性,是油气聚集和整装油气田的富集区,并以古生代为一完整的沉积-构造演化单元。

古生代的3个海相盆地的演化和生储盖组合具有共性:一是同具2个构造层,下为加里东期的早古生代海盆和"天折"前陆盆地,上为晚古生代海西期的海侵盆地。二是沉积序列相同,底部为大陆架碎屑岩充填和垫板,中上部为碳酸盐台地和淹没台地,上部为变浅的碎屑岩。三是烃源岩均为黑色岩系和泥质碳酸盐岩。四是储集层均以碳酸盐岩为主,碎屑岩次之,古隆起控制成藏,古喀斯特为主要储层。五是具有3个不同级别的含油气系统:2个自生储系统,早古生代可自成一个含油气系统和生储盖组合,如塔里木盆地奥陶系、志留系油气田;晚古生代自生储系统,鄂尔多斯盆地晚古生代煤成气,四川盆地二叠系生物礁滩相储层;另一个是下生上储系统,晚古生代的上超盆地与下伏早古生代盆地也可组成一个含油气系统,以碳酸盐岩储层为主,碎屑岩次之,如塔里木盆地泥盆系砂岩储层、石炭系生屑灰岩,鄂尔多斯盆地石炭系天然气,四川盆地石炭系白云岩中的天然气,下三叠统鲕粒滩大型气田的岩性、相储层也是下生上储的典型。

值得提出的是,西部3个具克拉通基底的早古生代海相盆地,在中晚奥陶世后至早泥盆世期间转为"天折"前陆盆地。这一过程单指加里东构造运动在中国古大陆特有的构造形迹,是中国海相盆地油气聚集成藏的关键。

笔者提出早古生代盆地经历了"天折"前陆盆地演化这一过程基于3点:一是三大陆块与原特提斯各分支洋在中晚奥陶世发生俯冲[14,15],周边有加里东期造山带和构造混杂岩[16~19],大陆边缘有前渊带,发育晚奥陶世-早志留世的水下磨拉石沉积,厚千余米[15];二是在三大克拉通边缘和大陆架斜坡带转为前陆隆起;三是从上述2个单元的构造配置来看,其间的克拉通盆地和浅海碳酸盐台地因前隆的构造掀斜,发育了由浅变深再变浅的沉积序列,这一范围即为"天折"前陆盆地的构造古地理边界,其上被晚古生代海侵超覆,中断了前陆盆地的发展。所以,"天折"前陆盆地有别于经典的前陆盆地,即克拉通上未转为后造山前陆磨拉石堆积,只表现为隆起、剥蚀和古喀斯特化,有人认为加里东运动为软碰撞[20]。但是,盆地的沉积物岩性、相变化反馈克拉通内仍有造山运动的地质响应。

古隆起、生烃岩、储集体是油气储集成藏的关键。西部3个古生代海相盆地,从古隆起、生烃源岩沉积、早古生代的古岩溶和碎屑岩储层,均以中晚奥陶世后至石炭纪期间的构造演化为转折。因此,分析加里东构造演化过程、克拉通上古隆起的边界、幕次构造事件与沉积相的配置,是当前海相盆地选择油气勘探目标的关键,特别是塔里木盆地。笔者认为,"天折"的前陆盆地是加里东构造过程的产物,是基于中国地质演化的特殊性,造就了西部克拉通盆地发育海相碳酸盐岩

❶ 中国石化新星公司研究院易荣龙主编.中国油气盆地类型.2000.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

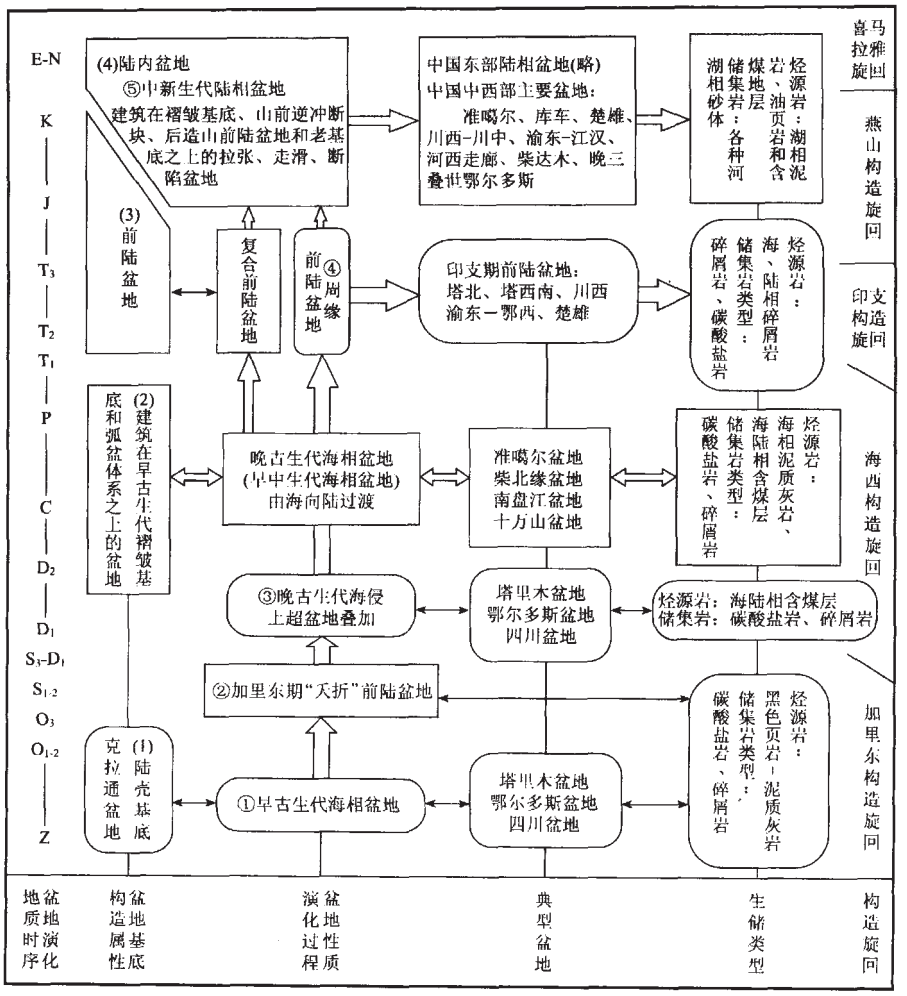


图1 中国中西部含油气盆地类型、生储组合、构造演化与盆地性质转换的关系

(盆地类型和演化以海相克拉通盆地为主,简介陆内盆地,文字亦同)

Fig.1 Types, source-reservoir combination and tectonic evolution of petroleum-bearing basin in west-central China and transition of basin natures

油气藏,与世界中新生代前陆盆地油气田不同。

1.2 建筑在早古生代褶皱基底和弧盆体系之上的盆地

建筑在早古生代褶皱基底和弧盆体系之上的盆地为第二类盆地(图1中的(2)类),主要指晚古生代的盆地,其基底的不确定因素颇多,争议很大,或是洋壳俯冲的岛弧系列,或推测是加里东期大陆边缘的褶皱基底。

准噶尔盆地为古亚洲洋俯冲时在岛弧系列中发育的盆地,内部的分隔以弧间构造为主控因素。该盆地的优势在于石炭纪—早二叠世时中断俯冲构造活动,为充填埋藏[21]。大盆地、小分隔,因而沉积了碎屑岩-含煤岩系,生油岩丰富,岩性储集层发育,为自生储体系。

南盘江盆地作为南方海相油气盆地勘探目标而备受重视。该盆地的基底不属扬子克拉通,可能为加里东期的褶皱带[22,23],受古特提斯扩张和双向走滑作用,晚古生代为槽、台相间的海盆,构造活动性强,岩性、相稳定性差。

1.3 前陆盆地

前陆盆地是形成于造山带与邻近克拉通之间的狭长地带,是大陆岩石圈受上叠地壳逆冲加载引起挠曲变形,在大陆边缘形成的坳陷盆地。受俯冲效果的控制有2种类型:挠曲变形加载在被动大陆边缘上,为周缘前陆盆地;洋壳俯冲形成岛弧带和弧后前陆盆地,即图1中的复合前陆盆地。对这类盆地研究较深和经典的实例均以中新生代的前陆盆地为主,由海盆向陆盆过渡,如龙门山前陆盆地、大巴山前陆盆地和天山前陆盆地等,都是重要的油气盆地。

对油气盆地储集成藏而言,前陆隆起带是个极为重要的构造单元。前陆隆起随着逆冲加载的挠曲作用和构造均衡作用而不断坳陷,并向克拉通迁移,早期为水下环境,可接受沉积或为沉积过路;晚期为陆上环境,形成湖泊。

海相克拉通盆地转为前陆盆地的时限主要与古特提斯洋的演化相关,四川盆地西部转折发生在中晚三叠世,塔里

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

木和鄂尔多斯盆地可能在二叠纪,但塔西南的前陆则在第三纪。前陆盆地转化均为一跨越时限的构造单元(图1)。

前陆盆地的油气资源量与盆地基底性质有某种耦合关系。通常认为由大陆边缘转化的周缘前陆盆地居优,盆地规模大,有稳定的海陆相烃源岩和煤源岩,储集砂体多,成藏条件好,多为自生储含油系统,也具下生上储的有利前提。

复合前陆盆地的定性争议颇大,关键是盆地下伏古生代基底性质的不确定性,因而也影响对资源量的评估。南盘江盆地、兰坪-思茅盆地以及青藏羌塘和塔东南盆地,均有争议,但这些盆地可能均为自生储体系。

1.4 陆内盆地

陆内盆地的动力主要有拉张、挤压和走滑3类,表现为断陷、坳陷和裂谷盆地,发生在燕山期或喜马拉雅期。中国东部陆相盆地的时代以第三纪为主,且有大油田;而中西部陆盆的时限不一,与前陆盆地的穿时相对应。如鄂尔多斯晚三叠世盆地延长油田,四川盆地在侏罗纪-白垩纪时期成为陆相湖盆,可形成自生储和下生上储。

2 盆地沉积-构造演化与盆山转换面

以盆山转换的思路,对比古生代的塔里木、四川和鄂尔多斯三大海相盆地的沉积、构造演化、烃源岩、古隆转换时序与成藏的关系。

2.1 3个陆块构造古地理构架

塔里木、扬子和鄂尔多斯3个陆块均为散落在原特提斯洋体系和古亚洲洋中的块体,早震旦世裂解,周边环绕的为不对称型的大陆边缘,一侧是深裂陷槽制约的狭窄陡边的大陆架围绕,另一侧是宽缓、平坦的大陆架,形似"大巴哈马台地"。

克拉通与前陆逆冲造山带的空间配置可概略地反馈古构造古地理构架。塔里木陆块的北、西、南侧可能为窄边大陆架,东侧即满加尔,较宽缓并与阿尔金小洋盆相连,克拉通上的古地貌为多条东-西向的高地,总体北高南低;扬子陆块的北、西和西南缘为窄边陡坡大陆架,东南缘则宽缓,古地貌为西高东低;华北陆块西缘与祁连海槽、北与古亚洲洋为窄边陡坡大陆架,古地貌北高南低,向东南则延伸千余公里。3个陆块构造古地理的基本格架控制沉积相、烃源岩的展布,洋陆转换过程制约古隆起与碳酸盐岩成藏。

2.2 大陆边缘演化阶段

3个陆块上呈面状分布的初始盖层,均为穿时的陆相碎屑岩和大陆冰积岩。碎屑物的分布,说明各陆块存在着由前震旦系组成的基底隆起。塔里木以塔北、塔中和塔东基底隆起为主;扬子陆块西部为康滇基底隆起;华北西部为中央隆起,北部为伊克昭盟基底隆起。晚震旦世冰消和早寒武世缺氧事件,与全球性的海平面上升同步,形成最大海泛并转为陆表海。夷平后的基底被碎屑岩填平补齐,组建碎屑岩垫板、碎屑岩大陆架和碳酸盐岩大陆架,并发育碳酸盐台地,构筑了由浅海大陆架向深海洋盆延伸的古地理格架。

克拉通边缘的沉积序列反馈了3个盆地大陆架的构建和海侵的超前滞后效应(图2)。扬子与特提斯洋体系演化共耦,晚震旦世至早寒武世和晚古生代2次海侵均具超前效应,沉积序列完整。塔里木盆地的海侵略晚于扬子,由于早古生代末的构造演化受多个小洋盆俯冲,在克拉通上形成多条古隆带:塔北古隆受古亚洲洋俯冲消亡和南天山弧后扩张的制约[23,24],塔中、塔东古隆与阿尔金小洋的俯冲相关,塔西南古隆与西昆仑洋俯冲有关,晚古生代为弧后扩张,弧陆碰撞在晚石炭世结束,因而晚古生代海侵滞后、海退超前,由图2的海平面相对升降曲线可看出海域范围远不如扬子。鄂尔多斯盆地早古生代初海侵滞后,中奥陶世海退,伊克昭盟基底隆起和中央隆起处于长期隆升过程中;晚古生代初古亚洲洋消亡造山,古西太平洋海泛由东向西海侵,但不超越中央隆起带,中二叠世后海域退出鄂尔多斯克拉通盆地,并转为陆相环境,与扬子二叠纪时海域扩大相悖(图2)。

2.3 早古生代前陆盆地演化与盆山转换面

早古生代构造演化常以加里东构造旋回称之。前已述及,原特提斯洋、古亚洲洋与3个陆块在这期间发生俯冲、碰撞,边缘已形成造山带。特别是塔里木盆地的阿尔金边缘早古生代的蛇绿混杂岩带[17],阿中地区寒武纪-早奥陶世牙形石属华北型,中晚奥陶世的牙形石则与扬子、柯坪和库鲁克塔格相同[25],佐证塔中古隆起的形成以阿尔金小洋盆与塔里木陆块间的俯冲为主导,古隆起的展布直接指导选区。可见,中国古大陆聚合、弧-陆和陆-陆碰撞发生在海西中晚期或印支早期,从而造成各陆块造山过程有超前滞后效应。2次构造期间的时间间断、上下盆地的叠加和沉积相重组,均制约油气源岩、流体运移驱动方向和二次成藏。

早古生代3个克拉通盆地有4个盆山转换面(图3):转换面①为寒武纪与早奥陶世之间,转换面②为中晚奥陶世之间,转换面③为晚奥陶世与早志留世之间,转换面④为晚志留世或延至早泥盆世,各盆地的构造时限不同。

鄂尔多斯盆地的盆山转换发生在早奥陶世末至中奥陶世初,在3个盆地中具超前效应,中央隆起横贯南北,克拉通上只有马家沟组沉积,向上转换面②与志留纪转换面④叠加,为复合穿时面。

塔里木盆地重要的盆山转换幕次事件有3次(图3):转换面②发生在中、晚奥陶世之间,为前者大湾沟组含角石灰岩与后者萨尔干组黑色页岩的沉积环境转换;转换面③为晚奥陶世末印干组与早志留世柯坪塔格组岩性、相的环境界面;转换面④为晚古生代与晚志留世之间的穿时面,该面可与下伏早古生代不同层位接触,下伏地层既有剥蚀又沉积不全。

四川盆地的转换面②晚于塔里木盆地,相当晚奥陶世的宝塔期与五峰期之间;转换面③和④与塔里木盆地相当,中晚志留世沉积不全,其上被晚古生代沉积物阶梯式超覆。

可见,3个古生代海相盆地虽具有相同的沉积序列和沉积演化,由于陆块与周边洋盆古地理格局不同和洋壳俯冲时序的差异,3个陆块盆山转换的时序北部盆地早于南部盆地。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

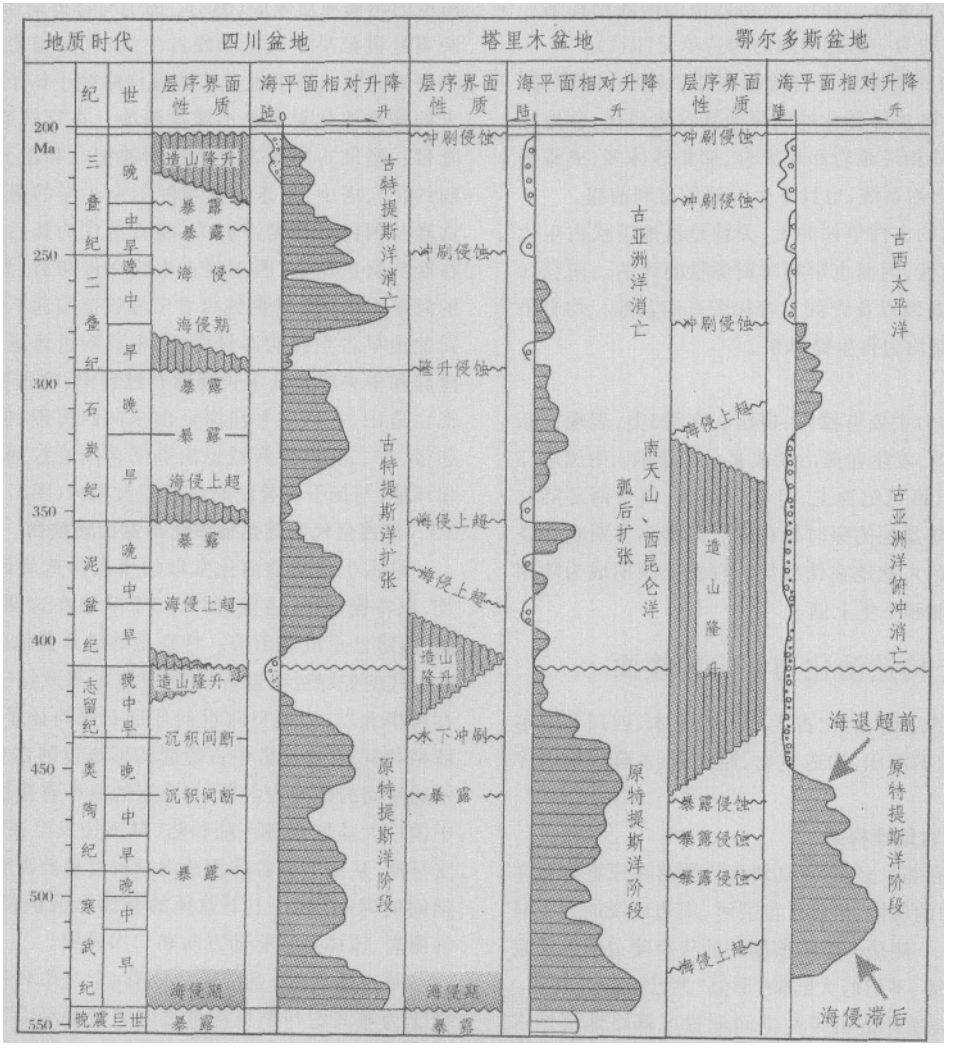


图2 三大克拉通盆地沉积—构造演化、海平面升降与盆山转化对比

Fig.2 Sedimentary-tectonic evolution, sea-level fluctuation and basin-range transition of three major craton basins

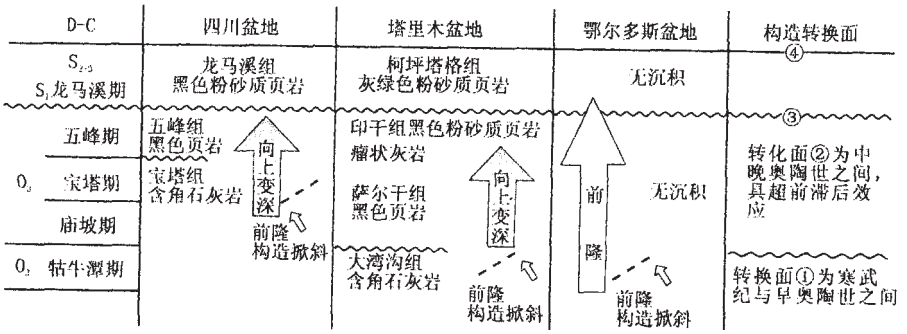


图3 三大海相盆地盆山转换超前滞后效应与转换时序对比

Fig.3 Lead-lag effect of basin-range transition of three major marine basins and comparison of transition sequences

3 盆地演化与烃源岩

西部古生代三大盆地的2个构造层沉积了5套烃源岩（图4）：①震旦系、②下寒武统、③上奥陶统—下志留统、④中上泥盆统—上二叠统、⑤中生代前陆盆地含煤地层。岩性、相分别为海相富浮游生物和有机质的黑色页岩、富藻类的泥质

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

碳酸盐岩和海陆过渡相含煤地层。

(1)第①套海相烃源岩——震旦纪大陆边缘裂解阶段 震旦纪冰消作用后,在大陆边缘裂解带沉积了与海平面上升相关和含浮游生物的黑色页岩,厚度不大,分布局限。如扬子边缘的陡山沱组黑色页岩、塔里木盆地的苏盖特布拉克组和育肯沟组,鄂尔多斯盆地可能也有相当层位的烃源岩。

(2)第②套海相烃源岩——早古生代被动大陆边缘与上升洋流共耦 3个海相盆地被动大陆边缘演化始于早寒武世,为全球海平面主体上升期并伴有上升洋流,属欠补偿的深海盆地,沉积了富生物营养链的腐泥型烃源岩,包括黑色页岩、泥质岩和泥质碳酸盐岩。

扬子陆块的上扬子部分,沿周边沉积了炭质页岩,如筇竹寺组、牛蹄塘组、水井沱组、小烟溪组和荷塘组等,厚数十米,分布稳定,相当低能凝缩段沉积物。

塔里木盆地西缘的柯坪地区为早寒武世玉尔吐斯组黑色页岩[26],这一层位可能向东延伸至阿瓦提 库南和满加尔坳陷沉积的莫合尔山组、西大山组和西山布拉克组,为100~200 m厚的黑色炭质页岩、泥质岩和泥质碳酸盐岩,层位相当寒武系 满加尔坳陷由寒武系至中奥陶统的黑土凹组组成,已证实为塔里木盆地油气的优质主力烃源岩,该套烃源岩的有机碳含量平均为1.75%,最高达5.52%,有机质类型为腐泥型,生烃母质主要为浮游藻类[27,28]。

华北的南缘和西缘也有黑色岩系,但最大海泛滞后,相当早寒武世的晚期。

(3)第③套海相烃源岩——天折前陆盆地阶段 天折前陆盆地演化阶段的烃源岩只沉积在克拉通上。塔里木盆地和四川盆地,于中晚奥陶世构造掀斜作用导致克拉通内部转为沉陷,海平面相对上升,由中奥陶世的浅水碳酸盐台地转为晚奥陶世的深水沉积,形成局限环境,水流不畅,以深水黑色页岩和泥质碳酸盐岩为主。这一演化过程在构造上称"淹没台地",有的称克拉通内坳陷[2,16]。

晚奥陶世的四川盆地,北有大巴山前隆,中西部为川中隆起,东南被雪峰和黔中隆起围绕(早期有的为水下隆起),因而原中奥陶世的浅水碳酸盐岩转为上奥陶统宝塔组深水灰岩,向上为五峰组黑色页岩、观音桥组黑色灰岩和下志留统龙马溪组黑色页岩。这3个层位是四川盆地最重要的烃源岩❶,分布广而稳定,向东可延至中扬子,生烃优势胜过寒武系,有机碳含量大于2%,最高达6%。

塔里木盆地转为天折前陆盆地始于晚奥陶世(图3),在柯坪地区主要为上奥陶统萨尔干组黑色页岩、良里塔格组泥质灰岩和印干组底部黑灰色泥质粉砂岩。在盆地的边缘和深坳陷中,如草湖也见有晚奥陶世与早志留世的深水沉积物,是塔里木盆地海相碳酸盐岩油田的主要烃源岩[27,28]。

塔北与塔中2个古隆起之间的阿瓦提和满加尔一带属克拉通内的坳陷。从南、北两侧斜坡带黑灰色钙泥质、粉砂质背景沉积物和夹碳酸盐岩碎屑流来看,向深处推测晚奥陶世有烃源岩沉积,为半闭塞大海湾环境,发育灰泥丘相和欠补偿海湾相烃源岩,为塔里木盆地早古生代海退期沉积物。

上述早古生代3个海相盆地碳酸盐岩均具有一定的生烃力(表2),一是浅海-局限海盆地的泥质碳酸盐岩,二是与蒸发岩沉积序列共生的碳酸盐岩。

(4)第④套海相烃源岩——晚古生代海侵上超盆地 晚古生代海侵上超盆地的范围较早古生代小、发育的时限短,即转为印支期前陆造山过程,烃源岩主要为碳酸盐灰泥沉积。

(5)中生代的印支运动对烃源岩沉积有贡献,主要是形成煤系地层的沉积环境,但其序幕在各盆地不同。四川盆地东部中晚三叠世的东吴运动应是印支运动的序幕,造就了成煤盆地和晚三叠世海陆相煤,两者均是天然气的主力烃源岩。塔里木盆地侏罗纪也为含煤盆地。

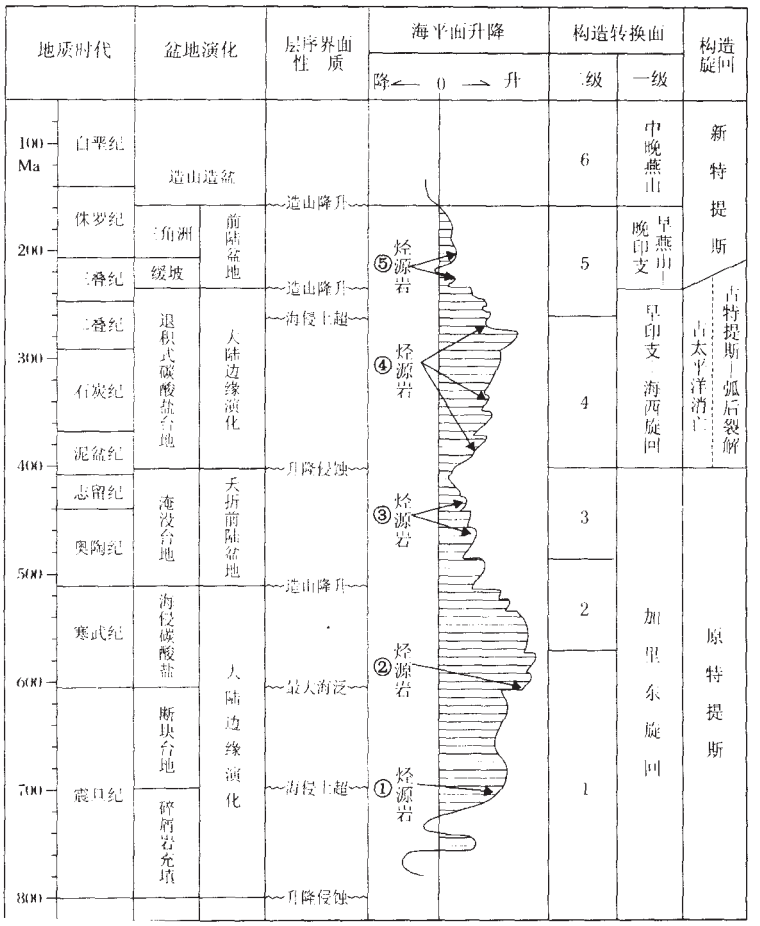


图4　三大克拉通海相盆地演化阶段与烃源岩发育的相关性

Fig.4　Correlation of the evolutionary stages of marine basins and development of source rocks in three major craton basins

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 中国西部三大海相盆地碳酸盐类烃源岩的特征和沉积环境对比

Table 2 Characteristics of carbonate source rocks and comparison of sedimentary environments in three major marine basins in western China

盆地名称	层位	岩 性	有机碳含量	烃源层厚度	有机质类型	沉积环境
鄂尔多斯	O_2	灰岩、含膏云岩	0.198%(702)		腐泥型	浅水陆棚
	$\in_{2-3}$	灰质白云岩、灰岩	0.13%(46)		腐泥型	蒸发台地
四川	$S_1 l$	灰黑色泥岩、页岩	1.10%(93)	100~350m	腐泥型	深水盆地
	$\in_1 q$	灰黑色泥岩、页岩	0.97%(156)	50~375m	腐泥型	深水盆地
塔里木	O_{2-3}	泥灰岩	0.5%~5.54%	>100m	混合型	台缘斜坡
	$\in_2$	含膏泥质、云质灰岩	0.2%~2.14%	280~324m	腐泥型	蒸发台地
	$\in_1$	灰黑色泥灰岩	0.3%~5.52%	120~415m	腐泥型	深水盆地

注:表内数据引自参考文献[29~31]; 括号内的数据为样品数

4 加里东期古隆起与碳酸盐岩储层

油气勘探的实践证实,储集成藏除裂隙外,关键是古隆起和溶蚀孔洞(古岩溶)。

(1)古隆起:加里东运动所致三大盆地上的古隆起呈面状和带状展布,制约晚古生代的海侵范围。四川盆地以川中古隆为主,南为黔中古隆,向东为雪峰古隆,控制晚古生代海侵边界。塔里木盆地的塔北和塔中古隆起,控制中下奥陶统碳酸盐岩古喀斯特范围,与上覆海侵边界的叠加部位即为古岩溶储层分布带。鄂尔多斯盆地中央隆起边缘是上覆石炭系的沉积边界,与马家沟组古喀斯特面是长庆气田的主要储集体。

(2)碳酸盐岩储层:三大盆地在古隆边缘均发育海退序列组合,有4类碳酸盐岩储层❷:古喀斯特岩溶、暴露层序不整合面、生物礁滩相暴露带和潮坪相暴露带白云岩化。

①古喀斯特岩溶:古喀斯特是古岩溶的一种特殊形式,是加里东运动的贡献。前已述及,早古生代西部海相盆地分别在中晚奥陶世发生盆山转换,克拉通上的古隆起主要由中下奥陶统碳酸盐岩组成。在数十百万年的暴露、剥蚀和溶蚀淋滤作用下,以层序不整合面为基础,下部形成岩溶带,顶部为古喀斯特岩溶地貌,其上被晚古生界超覆。喀斯特界面之下数十米至百米深度内可形成2~3个古岩溶带,在塔河油田[3]和塔中16构造中为重要储层,鄂尔多斯天然气田也具相同的储集条件。四川盆地东部,上石炭统与上泥盆统砂岩之间的界面也是具喀斯特性质的古岩溶,为天然气有效储层。

②暴露层序不整合面:三级层序均向上变浅,特别是潮坪、藻席发育序列,层序界面具暴露特征,成为后期有效储集孔隙和溶蚀交代的基础,形成有效带状分布的溶蚀空间。

③生物礁滩相的暴露带:礁滩相的暴露带也是层序不整合面的另一类型。塔里木盆地中、上奥陶统一间房组和良里塔格组的生物礁丘相均有工业油气流,储集体为礁顶暴露带和礁前滑塌带,均以层序不整合面为基础。

④暴露带鲕粒滩和白云岩化:潮坪相白云岩化和进积式鲕粒滩均是海退序列,特别是近古隆起边缘潮上带、准同生期白云岩以及具示底构造的溶蚀均为优质储层。四川盆地上二叠统白云岩和下三叠统鲕粒灰岩为天然气储集体,塔里木盆地下奥陶统油田与白云岩化关系密切。

5 结 语

依据西部三大陆块海相盆地的石油地质实际和盆地演化的动态观,把中国西部的油气盆地划分为4种类型。其中,具陆壳基底的克拉通盆地在古生代沉积-构造演化中,以加里东幕次构造事件为转折,由大陆边缘转为"天折"前陆盆地,上被晚古生代海侵上超,3个海相盆地均成为2个构造层的叠合盆地,沉积2套烃源岩和碳酸盐岩古岩溶为主的储集层。古隆起制约沉积相展布、层序不整合界面、碳酸盐岩储层和古岩溶喀斯特,并控制晚古生代海侵上超的范围,除构造和裂隙圈闭外,古隆起也是下生上储油气成藏的关键。

构造活动在克拉通盆地上的响应有4个盆山构造转换面:一是寒武纪与早奥陶世之间;二是中、晚奥陶世之间;三是晚奥陶世与早志留世之间;四是志留纪与泥盆纪之间。上述4个构造转换面和古隆起,鄂尔多斯盆地超前,塔里木盆地和四川盆地滞后。

参考文献:

[1]邱中建,龚再升.中国油气勘探·第二卷·西部油气区[C].北京:石油工业出版社、地质出版社,1999.

[2]康玉柱,等.中国新疆地区油气地质特征及资源评价[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2001.

[3]叶德胜,等.塔里木盆地北部寒武-奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景[M].成都:四川大学出版社,2000.

[4]梁狄刚,张水昌,张宝民,等.从塔里木盆地看中国海相生油问题[J].地学前缘,2000,7(4):354~547.

[5]张抗,等.中国石油天然气发展战略[M].北京:地质出版社,2002.

❶ 许效松,尹福光,等.滇黔桂区块震旦纪-志留纪构造-层序岩相古地理研究与编图.内部资料,2001.

❷ 许效松,傅恒,楼雄英,等.塔河地区奥陶系小层对比及沉积微相研究.西北石油局,内部报告,2003.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[6]许效松,汪正江.中国中西部海相碳酸盐盆地油气资源[J].新疆石油地质,2002,23(5):366~371.
[7]许效松,汪正江.对中国海相盆地油气资源战略选区的思路[J].海相油气地质,2003,8(1):1~9.
[8]张渝昌,等.中国含油气盆地原型分析[M].南京:南京大学出版社,1997.
[9]Dickinson W R. Plate tectonic and sedimentation[J]. Spec. Publ. SEPM, 1977, 22:1~27.
[10]Bally A W. Basin and subsidence—a summary[A]. In: Bally A W, et al(eds).Dynamics of plate interiors: American Geophysical Union and Geological Society of American Geodynamic Series[C]. 1980,1:5~10.
[11]Kingston D R, Dishroom C P, Williams P A. Global basin classification system[J]. AAPG, 1983a, 67(12):2175~2198.
[12]朱夏.论中国含油气盆地构造[M].北京:石油工业出版社,1986.
[13]田在艺,张庆春.中国含油气沉积盆地论[M].北京:石油工业出版社,1996.
[14]李兴振,许效松,潘桂棠.泛华夏大陆群与东特提斯构造域演化[J].岩相古地理,1995,15(4):1~13.
[15]刘宝珺,许效松,潘杏南,等.中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M].北京:科学出版社,1983.
[16]丁道桂,汤良杰,等.塔里木盆地形成与演化[M].南京:河海大学出版社,1996.
[17]车自成,刘良,罗金海.中国及其邻区区域大地构造学[M].北京:科学出版社,2002.
[18]贾承造,魏国齐."九五"期间塔里木盆地构造研究成果概述[J].石油勘探与开发,2003,30(1):11~14.
[19]陆松年,袁桂邦.阿尔金山塔什塔格早前寒武纪岩浆活动的年代学证据[J].地质学报,2003,77(1):61~68.
[20]任纪舜,牛宝贵.软碰撞叠覆造山和多旋回缝合作用[J].地学前缘,1999,6(3):85~93.
[21]许效松,刘宝珺,徐强,等.中国西部大型盆地分析及地球动力学[M].北京:地质出版社,1997.
[22]吴浩若.广西加里东运动构造古地理问题[J].古地理学报,2000,2(1):70~76.
[23]万方,许效松.川滇黔桂地区志留纪构造-岩相古地理[J].古地理学报,2003,5(2):180~186.
[24]肖序常,汤耀庆,李锦轶,等.古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M].北京:北京科学技术出版社,1991.1~29.
[25]塔里木石油勘探开发指挥部,滇黔桂石油勘探局石油地质科学研究所.塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物·阿尔金山地区分册[M].北京:石油工业出版社,1995.
[26]王飞宇,刘长伟,朱雷.塔里木盆地台盆区寒武系烃源岩有机成熟度[J].新疆石油地质,2002,23(5):372~376.
[27]张水昌,张宝民,王飞宇,等.中-上奥陶统:塔里木盆地的主要油源层[J].海相油气地质,2000,5(1~2):16~22.
[28]张水昌,王飞宇,张宝民,等.塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J].石油学报,2000,21(6):23~28.
[29]张永生.鄂尔多斯地区奥陶系马家沟群中部块状白云岩的深埋藏白云石化机制[J].沉积学报,2000,18(3):424~429.
[30]林青,王培荣,金晓辉,等.塔中北斜坡塔中45井油藏成藏史浅析[J].石油勘探与开发,2002,29(3):5~7.
[31]康竹林,傅诚德,崔淑芬,等.中国大中型气田概论[C].北京:石油工业出版,2000.

Sedimentary-tectonic transition and source and reservoir rocks in three major marine cratonic petroleum-bearing basins in western China

XU Xiaosong, LIU Baojun, MOU Chuanlong, WANG Zhengjiang, WAN Fang
(*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resource, China Geological Survey, Chengdu* 610082, *Sichuan, China*)

Abstract: In the context of the sedimentary-tectonic evolution of petroleum-bearing basins and from the dynamic concept of transition of basin nature, petroleum-bearing basins in western China are divided into four types. The Paleozoic Tarim, Sichuan and Ordos marine basin have similar geological evolution and a source-reservoir system. After breakup of the supercontinent, all the three basins became passive continental margins from the Sinian to Early-Mid Ordovician and failed foreland basins from the Mid-Late Ordovician to Silurian, reflecting basin-range transition between the three blocks and ocean basins on their margins. The geological response of the tectonic evolution in the craton basins are manifested in three aspects: the first is deposition of two suites of source rock on continental margins and in failed foreland basins; the second is formation of paleo-uplifts, paleo-exposures and paleo-karst and occurrence of four basin-range transition surfaces on the cratons, and the third is that the Late Paleozoic transgressive sequences overlap on the Early Paleozoic regressive sequences in the step-like form, thus resulting in the formation of source rocks below and reservoir rocks above and cap beds.

Key words: western China; three craton basin; Early Paleozoic basin-range transition; source rock and carbonate reservoir

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net