

盆地研究的活动论构造观

吴根耀

(中国科学院地质研究所岩石圈构造演化开放研究实验室, 北京 100029)

含油气盆地经历了一个构造学研究—沉积学研究—构造学研究的曲折发展道路。当务之急是发展和完善活动论构造观, 并以此指导盆地研究。各从6个方面简述了盆地建造阶段活动论的时间观和空间观的主要内容, 探讨了研究造山作用与盆地演化间统一运动学过程和动力学机制的出发点, 提出应加强与全球构造旋回有关的盆地阶段性特征的探讨, 末次构造-热事件的影响和以构造为主线多学科综合研究。

关键词 活动论 含油气盆地 时-空发育 构造学研究 综合分析

作者简介 吴根耀 男 52岁 研究员(博士生导师) 大地构造

0 引言

诚如法国石油地质学家佩罗东所言: 没有盆地便没有石油。石油地质学的研究对象就是(含油气)盆地。百余年来石油地质学的发展史可理解为盆地研究的进展史。这些进展, 既取决于研究对象(盆地类型)的不同和认识水平(包括探测手段)的提高, 也受地质学内占主导地位的学术思潮的影响和引导。换言之, 地质学中固定论与活动论, 渐变论(曾译均变论)和突变论(曾译灾变论), 垂直运动和水平运动的论战在石油地质学——地层学和构造地质学在经济地质学范畴内的延伸——发展的各个阶段不但有清楚的反映, 而且直接成为石油勘探理论的哲学指导。含油气盆地的研究, 经历了一个构造学研究(19世纪中—20世纪初)—沉积学研究(20世纪早—中期)—构造学研究(20世纪60年代末至今)的大反复(朱夏, 1986; 甘克文, 1993)。今天, 构造学研究是盆地或含油气盆地地质学研究的基本问题已成为有志者的共识(甘克文, 1995)。提高构造学研究水平的关键问题之一是必须有活动论的指导思想。以下试从3方面对活动论的构造观进行论述。

1 盆地分析中的时间概念

盆地在沉降和接受沉积的过程中可以有以下变化。

(1) 盆地的几何形状和大小是变化的, 其范围是迁移的。在剪切—拉张应力作用下最常见的情况是: 破裂和沉陷沿地壳中先存的构造薄弱带(断裂的交汇部位, 主要断裂等)开始, 发展为三岔谷系, 其中的两支造成大陆壳解体, 有新生洋壳形成并可扩张为宽达千公里的洋盆, 第三支则伸进陆内成为裂堑(aulacogen, 或译拗拉槽), 并不断地向陆内延伸, 在其拐折部位不断地有更年青的楔形裂谷发生(图1)。近代实例是非洲西部的伯努埃裂堑。

在剪切—挤压应力作用下洋盆消减闭合。由于洋盆边界并不平直, 洋盆闭合后的碰撞常从一个或数个点开始, 发展为陆—陆(弧)的全面碰撞, 原被动大陆边缘区反转为前陆褶皱冲断带。同碰撞期的坍塌(collapse)裂谷的时空发育即明显受碰撞的这一特征控制(Wu, 1997)。随前陆褶皱冲断带的扩展而逐步迁移并扩大其范围。前陆褶皱冲断带可宽达上千公里, 相应地, 它控制发育的磨拉石盆地群的宽度可以从几公里、几十公里增大至数百公里。图2所示的是印(度)缅(甸)交界处经缅甸至中国云南的喜马拉雅期造山带剖面。云南晚始新世—渐新世时发育弧后前陆褶皱冲断带, 磨拉石盆地向东迁移; 印缅交界处第三纪时发育大陆周缘前陆褶皱冲断带, 磨拉石盆地向西扩展。

(2) 盆地的内部结构是变化的, 相应地, 沉降中心, 沉积中心和局部沉积环境也是变化的。就洋盆而言, 在其发育阶段不仅宽度发生变化(因洋底扩张而洋盆宽度增大, 因洋壳消减而洋盆变窄乃至闭合),

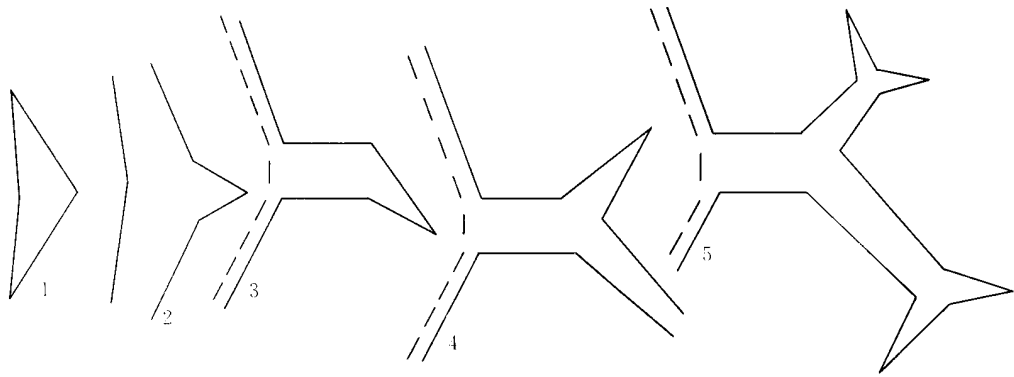


图1 洋盆形成和裂堑分期发育示意图

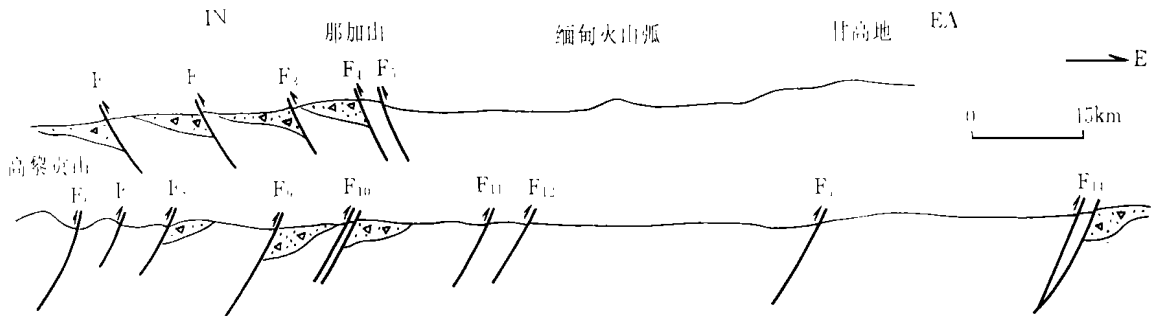


图2 印缅交界处(上)至中国云南(下)喜马拉雅期的前陆褶皱冲断带和磨拉石盆地

IN. 印度板块; EA. 欧亚板块; 缝合线位于那加山

断裂名称: F₁. Naga; F₂. Disang; F₃. Tipu; F₄. Zepuhu; F₅. Nimi(以上据 Bhattacharjee, 1991);F₆. 怒江; F₇. 叶枝; F₈. 云岭; F₉. 鲁甸; F₁₀. 鹤庆; F₁₁. 程海; F₁₂. 鱼泡江; F₁₃. 绿汁江; F₁₄. 小江

而且在扩张阶段和消减阶段洋盆内都有海山、洋岛发育,并发展壮大为岛链。就单个洋岛而言,其沉积序列常由下部深水的熔岩、火山碎屑岩向上发展为浅水的碳酸盐岩,晚期露出海面遭受风化剥蚀。这一序列记录了洋岛的发育,但并不反映“海退”。同样,洋盆内的陆壳残块发生解体和沉陷,其沉积序列也不代表“海侵”。岛链可能围限出与邻近洋区在深度、盐度、氧化还原条件、酸碱度等方面有所不同的局部沉积环境,并导致地方性的生物群出现。洋盆内的洋流(暖流或寒流)、海底火山喷发、封闭海湾、海台或海底高原等也可造成局部的沉积环境,进而控制了地方性生物群发育。

陆相盆地可以磨拉石盆地为例说明。其早期发育阶段一般形态较简单,随盆地内的沉积体系被卷入冲断带而使盆地的内部结构趋于复杂。里基鲁奇曾据冲断带对沉积体系的卷入程度将前陆盆地分为5类:简单型,复杂型,许多小前渊型,背负型(或称背驮型),完全破坏型(图3的a-e)。尽管它们并不

代表磨拉石盆地的演化规律,但反映了随冲断作用持续盆地的内部结构变得复杂,沉降中心和沉积中心主要为主冲断层活动控制。由于前陆褶皱冲断带内还有反向断层和无序断层(out-of-sequence fracture)发育,磨拉石盆地晚期阶段的内部结构可以十分复杂。

(3)盆地内生长构造的发育特征不同。坳陷盆地可以转变为断陷盆地,断陷盆地也可以上叠以坳陷盆地。在前者的情况下,坳陷阶段(也常被称为前裂谷阶段)与断陷阶段的建造性质和类型有较明显的差异,构成沉积建造剖面上的二元结构(Å&P, 1977; 张文佑和吴根耀, 1982)。从坳陷转变为断陷的过程中常有一个半地堑阶段,即:一侧为正断层边界(生长构造)而另一侧为坳陷边界。之后,因坳陷边界有一条或数条正断层的发育而正式形成断陷盆地,但该侧生长断层的活动规模较小,导致断陷盆地的不对称发育(图4)。断陷转变为坳陷是十分普遍的现象,即一组原来彼此隔绝或仅局部连通的地堑一

半地堑盆地被同一个开阔的拗陷所上叠, 如中国东部的侏罗—白垩纪盆地。要注意的是: 断陷结束、拗陷开始的时间可能因地而异, 拗陷初期在原断陷区

还能不同程度地反映出断陷阶段的某些特征, 如沉降速度大、堆积速率大等。拗陷阶段生长断层已停止活动, 局部地区可能有生长背斜发育。

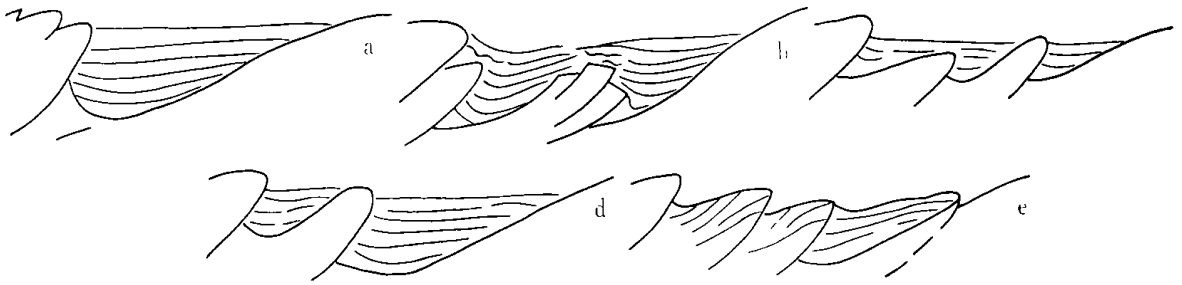


图 3 不同类型的磨拉石盆地(据 Ricci Lucchi, 1986)

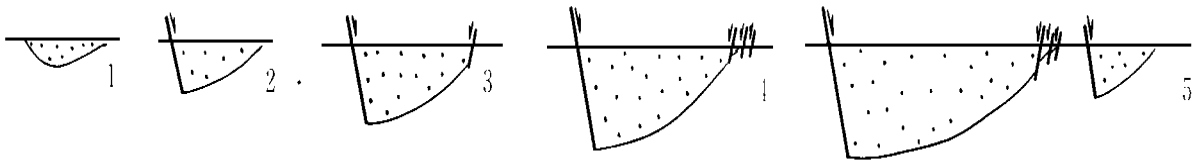


图 4 拗陷盆地转变为断陷盆地的一个实例(山西地堑系)

(4) 即使在盆地范围基本不变、盆地内地层连续沉积、沉积相和环境也基本相同的情况下, 盆地的构造背景可能不同, 相应地, 蚀原区也发生变化。可以以云南楚雄盆地的侏罗—白垩系陆相红色沉积为例说明。侏罗纪是上叠在晚三叠世裂谷之上的一个拗陷盆地, 物源来自克拉通内部。早白垩世时, 物源来自二次旋回造山带; 景星组及相应地层以石英砂岩为特征, 石英源自其西的丹纳沙林—高黎贡弧(图 5, Yano et al., 1994)。这反映早白垩世时盆地的构造背景已经变化: 因新特提斯洋壳的向东消减, 该区已成为大陆边缘弧的弧后盆地。也正因为这样, 必须正确地区分盆地发育的世代。云南景谷地区的第三系均为红色陆相沉积, 盆地却分属 3 个世代: 古新世—始新世早期是燕山运动后挤压应力松弛背景下的断陷盆地; 始新世晚期—渐新世是与喜马拉雅期碰撞有关的磨拉石盆地; 新第三纪则是为碰撞后的走滑断裂活动控制发育的拉分盆地。

在构造背景不变的情况下蚀源区发生明显变化的情况也不少见, 如前陆褶皱冲断带中因无序冲断或反向冲断造成磨拉石盆地的物源供应有明显改变。前已述及, 云南喜马拉雅期的前陆褶皱冲断带是向东前置式扩展的。景谷磨拉石盆地西缘早期的沉积物均来自其下的第三系及侏罗—白垩系。由于无序冲断的发育, 其西的临沧花岗岩(海西—印支期)被向东冲断, 并再次出露地表成为蚀源区, 该盆地晚

期的沉积中出现了大量的黑云母屑和花岗岩砾石。

(5) 在相同的区域构造背景下, 由于局部应力场或边界条件的变化, 盆地的性质可以发生变化, 相应地, 其充填物的组成和建造类型也发生变化。在碰撞造山带地区, 岩石圈的拆层(或译拆沉, delamination)作用可在地壳浅部形成一个短暂的拉伸应力场。这样, 一个山间磨拉石盆地可以直接上叠以一个坍塌裂谷, 后者曾被 Milanovsky (1972) 称为年青褶皱带上的裂谷。洋壳消减时弧后地区是否出现弧后盆地取决于两个因素。一是俯冲带倾角的大小: 倾角小时在弧后地区产生挤压应力场, 仅在挤压最强烈部位因次级的纵张而可能有线形的断陷带出现, 如南美安第斯山区的情况; 倾角大时则可能在大陆边缘区形成弧后海盆。第二个因素是洋壳消减的速度: 如果俯冲作用稳定地发生, 洋壳顺利消减, 则弧后地区可能张开而成为海盆; 当俯冲作用的速度加快, 弧后地区因挤压应力的作用而褶皱。美国西部海岸区晚中生代洋壳消减时, 俯冲带的角度就发生过陡倾斜—缓倾斜—陡倾斜的变化, 因而盆地发育和火山活动在这 3 个阶段有不同的面貌。

(6) 由于上述的各种变化, 在沉降和接受堆积的过程中, 盆地的热体制显然也是变化的。

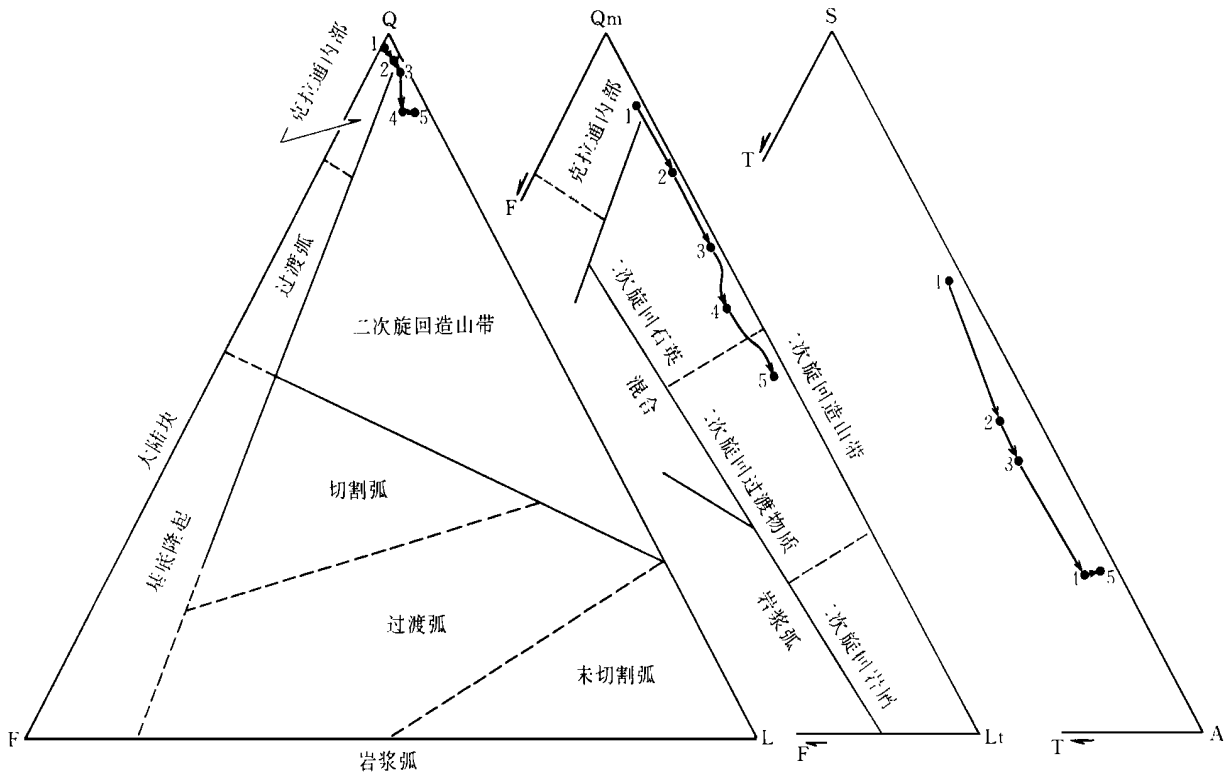


图5 楚雄盆地区上侏罗统至下第三系砂岩碎屑颗粒的三角图解, 示蚀源区类型(据 Yano et al., 1994)

1. 上侏罗统; 2. 下白垩统下部; 3. 下白垩统上部; 4. 上白垩统; 5. 始新统上部至渐新统底部

2 盆地分析中的空间概念

(1) 一个大盆地的各个部分可能有不同的基底、沉积史、物源区和变形特征。中国西南-东南亚地区侏罗-白垩纪时曾发育过一个超大型红色盆地, 其各部分在前超大型盆地阶段和后超大型盆地阶段的演化史有明显不同。即使在超大型盆地阶段, 各地盆地的发育仍有若干差异, 试以云南西部(兰坪-思茅盆地)、云南中部(楚雄盆地西部拗陷)和云南东部(楚雄盆地档部拗陷)为例说明, 见表1。

(2) 在同一区域应力场作用下形成的盆地群, 各盆地可能有不同的基底、沉积史、物源区和变形特征。古新世是云南主要的成盐期。滇西北地区自西向东依次发育有营盘-检槽, 金顶-白羊场, 顺川井-乔后井和羊岭-沙溪4个线形盆地。前三者的基底为下白垩统, 因伸展而断陷较深, 环境封闭, 湖水咸化, 膏盐矿床发育较好。喜马拉雅运动时(晚始新世-渐新世), 这些地区的边界断裂反转为冲断构造并与磨拉石盆地的发育密切相关。羊岭-沙溪盆地

是西界为正断层边界的半地堑, 基底是前寒武纪变质岩, 环境相对开放, 不形成具经济价值的膏盐矿床。滇西南地区古新世盆地的发育特征基本同滇西北地区, 不同之处是有玄武岩喷溢。滇中地区也有古新世的含盐盆地发育, 是连续沉积在上白垩统之上的块状断陷, 喜马拉雅运动以垂直运动为主, 故缺失渐新统和上第三系。

(3) 大的区域应力场中因局部应力场的存在或边界条件的不同, 盆地发育可呈现出十分复杂的图案。最简单的例子是一个盆地内可发育不同方向(或弧形)的次级隆起, 它们对次级拗陷的岩相分布、沉降和堆积中心、后期变形的方式和构造线方向等都有明显的控制作用。这些次级隆起反映区域拉张应力场中有局部的挤压应力场存在。同样地, 区域挤压应力场中可能有局部的拉张应力场出现, 如前述弧后海盆发育的情况, 此外, 同一时期中在背形(隆起区)脊部和向形(凹陷区)槽部发育的盆地常具近正交的走向。至于区域挤压应力场与区域拉张应力场的关系, 张文佑(1984)曾指出: 一个地区的挤压(或拉张), 必伴有另一个地区的拉张(或挤压)。这是

我们探讨造山作用与盆地演化之间统一运动学过程和动力学机制的一个出发点。

考察一条大规模的走滑断裂, 可以发现: a. 沿断裂带可发育两种盆地, 一是线形的剪切盆地, 二是在剪切断裂的转折部位发育的拉分盆地, 平面上常呈菱形或矩形。b. 为吸收巨大的剪切滑移量, 走滑断裂在其两端常转换为与之高角度相交的冲断带, 这些冲断带控制发育的挤压盆地与剪切断裂高角度相交。c. 剪切断裂带两侧, 既可因块体的旋转而在两个块体间产生楔形的张裂盆地, 也可因块内的冲断层活动而发育挤压盆地。作为碰撞后应力调整的重要方式, 走滑断层常成组出现。如云南西部和缅甸东部地区中新世时的走滑断层自西向东依次为: 实皆断

裂, 怒江断裂, 澜沧江断裂, 无量山- 营盘山断裂带, 阿墨江断裂, 哀牢山断裂(图 6), 其中前 3 者为右行走滑而后 3 者为左行走滑。夹持在实皆断裂与哀牢山断裂之间的地区则在这组断裂的走滑活动作用下发生向南东的构造逸脱。该区内发育的新第三纪盆地规模一般较小, 但类型多样。

从全球构造角度看, 挤压碰撞、拉张分裂与剪切转换处于同一运动系统中, 并表现出和谐的构造图案。今天, 既可看到近南北向的拉张带经剪切断裂转换为近东西向的挤压带, 也可看到近南北向的拉张带经剪切断裂转换为近南北向的挤压带(张文佑和吴根耀, 1986)。这是研究造山作用与盆地演化之间统一的运动学过程和动力学机制的又一个出发点。

表 1 云南西部、中部和东部地区中生代盆地发育的主要特征

	云 南 西 部	云 南 中 部	云 南 东 部
古新世	线形断陷盆地, 有碱性岩浆活动	块状断陷盆地, 有碱性岩浆活动	块状断陷盆地, 无碱性岩浆活动
燕山运动	发生于晚白垩世, 俯冲型造山作用, 台布式褶皱(窄背斜宽向斜), 有花岗岩侵入和变质作用	仅表现为白垩纪盆地解体	发生于晚侏罗世至早白垩世早期, 马头山组不整合覆于中侏罗统之上, 褶皱相对宽缓, 岩浆活动和变质作用不明显
晚白垩世	隆起剥蚀	下白垩统与上白垩统间连续沉积	同左, 部分地区可见上白垩统超覆在下伏地层上
早白垩世	转化为超大型弧后盆地, 下白垩统与侏罗系间假整合接触		仅早白垩世晚期有沉积(马头山组)*
晚侏罗世		超大型湖盆发育全盛期	隆起剥蚀
中侏罗世晚期		超大型坳陷盆地形成	
中侏罗世早-中期	见多层海相沉积夹层, 尤以西部发育为好		陆相盆地, 河流-湖泊相沉积
早侏罗世-中侏罗世初期	隆起剥蚀	由三叠纪的断陷盆地转化为坳陷盆地, 在下伏层为三叠系时见侏罗系与三叠系间为连续沉积, 其它地区见侏罗系超覆在前三叠系之上	
基底构造单元	三江印支造山带	扬子微大陆的康滇古生代块隆及盐源-丽江块陷	扬子微大陆的康滇古生代块隆及凉山块陷

* 对马头山组时代尚有不同认识, 有人认为属晚白垩世, 本文暂从《云南省区域地质志》

(4) 大陆边缘的复杂性。一个开阔的洋盆, 可能其一部分继承深水盆地(实际上它是前一个构造旋回中洋盆未闭合的部分)发育, 另一部分由大陆壳发生张裂、解体形成。这样, 同为洋盆的被动大陆边缘, 其建造特征可相去甚远, 前者的沉积以厚大的硅质岩和陆源碎屑浊积岩为主; 后者的被动大陆边缘则发育火山岩(盆地两侧的火山活动规模可能大体相当, 也可能差别较大), 硅质岩仅见夹层, 在后期才转

换为以浊流沉积为主(复理石建造)。也正因为此, 被动大陆边缘上发育的三角洲和陆隆在不同地段表现出不同的面貌。从几何形态看, 被动大陆边缘平面上不是一条平直的线, 剖面上也不是一个简单的斜坡, 加之大陆地壳自身构造的复杂性, 被动大陆边缘上发育的重力流有不同的流向, 碎屑类型也较为多样。

活动大陆边缘据俯冲带的倾角和弧前海沟、弧后海盆的特征而分为 3 种: 智利型、马里亚纳型和苏

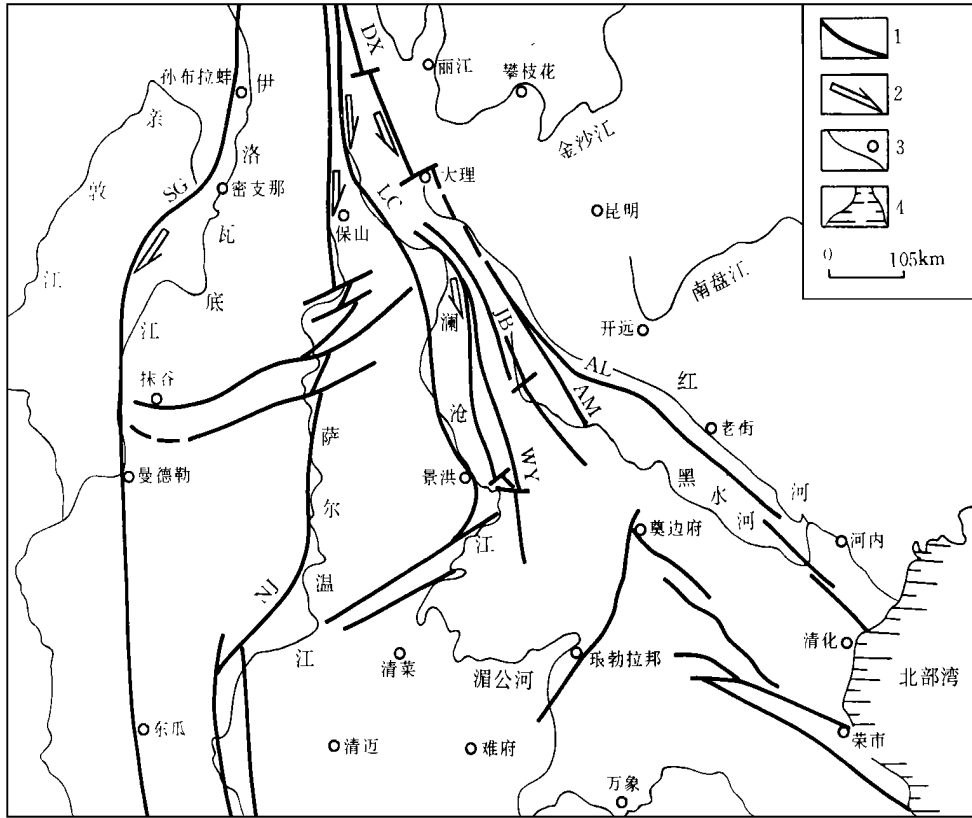


图6 云南西部- 缅甸东部地区中新世的剪切断裂系
(缅甸部分据 Bender, 1983)

1. 断层; 2. 走滑方向; 3. 河流、城镇; 4. 海域;

断裂名称: AL. 哀牢山断裂; AM. 阿墨江断裂; DX. 德钦- 雪龙山断裂; JB. 景东- 把边江断裂;

LC. 澜沧江断裂; NJ. 怒江断裂; SG. 实皆断裂; WY. 无量山- 营盘山断裂

门答腊型。它们可能同时出现在一个洋盆的活动大陆边缘的不同地段。此外, 还有一些不典型的或不完整的岛弧系发育。当俯冲带近于直立时则可能不产生大陆边缘弧。这不仅使活动大陆的地质记录随地而异, 而且影响了沉积增生楔的发育。智利型活动大陆边缘因其俯冲带倾角缓、海沟浅, 洋壳消减时洋盆中的海山- 洋岛沉积易被刮削下来而增生到大陆边缘上。马里亚纳型活动大陆边缘则因其相对陡倾的俯冲带和深而宽的海沟而不利于沉积增生楔的发育。

大陆边缘的复杂性还表现在一个洋盆中洋壳形成的时间和开始消减的时间随地而异。当洋盆总体还处于扩张阶段时, 部分地区可能先开始消减而有局部的活动大陆边缘出现。当洋盆总体处于消减阶段时, 已消减过但未闭合的那部分地区是残留洋盆的相对扩张期, 因而表现出被动大陆边缘的特征, 尽管残留洋盆中不一定有洋中脊存在。今天, 在大西洋和太平洋边缘都可找到这样的实例, 如大西洋西缘

的加勒比海和西印度群岛, 中国的东海陆架及其东的冲绳海槽, 南海的北部边缘等。

大陆边缘的复杂性, 既受制于洋盆自身的演化, 也一定程度地反映了洋盆的复杂性。继承深水盆地发育的洋盆常以宽、深、冷和发育时间长为特征, 因大陆壳基底破裂形成的洋盆则以相对窄、浅、热和发育时间短为特征。洋盆的演化, 可以持续上百个百万年, 并历经数次消减才闭合, 也可以在短到几个百万年内即完成张开- 闭合的旋回。这些不仅直接决定了蛇绿岩的保存, 而且影响了洋盆闭合后的碰撞和陆内变形具明显不同的特征。

(5) 岩石圈各圈层和火山- 沉积地层的各构造层可表现出构造的独立性。地壳浅部的断层向下延伸时常收敛于深浅不等的某个层间滑动面上。由于不同深度的层间滑动断裂的发育, 各圈层或各构造层间不仅变形方式不同, 构造线方向也可不一(常被形象地称为立交桥式构造), 所以不能根据地表构造简单地推断地下构造。这些断裂对盆地发育也有影响。

如前陆褶皱冲断带内, 后陆部位的冲断层向下延伸较深, 因而变质基底岩系可被卷入前陆冲断作用并成为毗邻的磨拉石盆地的物源; 前陆部位的冲断层向下延伸较浅, 收敛于沉积盖层中的滑脱面, 故磨拉石盆地沉积的物源只能来自下伏的年青地层。顺便要提到的是: 前陆盆地中的这类断裂构造可以为油气提供一定的运移通道和储集空间。

(6) 基于以上所述, 可以容易地理解, 在同一盆地的不同部位或同一洋盆的大陆边缘的不同地段, 在盆地群的不同盆地间, 热体制是不会一样的。

这里要特别提到碰撞造山阶段的热作用, 它与岩石圈的拆层作用(Nelson, 1992; Sacks and Secor, 1990)是相辅相成的。地幔柱的上升和岩石圈(地壳)的热减薄, 导致地表的坍塌裂谷内充填大量幔源玄武岩, 标志着造山带发生快速的坍塌。造山过程中的过热状态使下地壳和岩石圈地幔物质发生侧向的“流动”或“挤出”, 青藏高原区的地壳等厚线向东南呈舌状伸出便是证明。相应地, 断裂的走滑活动使浅部地壳物质发生侧向运动即构造逸脱(见图6)。因浅部地壳被大面积加热而发生的隆升-剥蚀作用则标志着造山带发生缓慢的坍塌。深部过程是我们探讨造山作用与盆地演化之间统一运动学过程和动力学机制的第三个出发点。

3 盆地发育、沉积作用和热作用的辩证统一

盆地提供堆积的场所或空间, 沉积物是油气生成的母岩, 热作用使沉积物中的有机质和干酪根转化成烃类和煤。讨论油气的形成, 这三者缺一不可。在简要讨论了盆地建造阶段进行盆地分析的活动论构造观的基础上, 以下将结合盆地中的沉积作用和热作用进一步探讨活动论构造观的内容。

(1) 地壳演化的不可逆性和盆地发育的阶段性的。地壳演化是由低级向高级的不可逆过程已为大地学工作者普遍接受了。反映在盆地发育上, 是地史期间的盆地发育有阶段性, 每一阶段的盆地就全球范围而言有不同于其它阶段盆地的若干共性。绿岩带盆地只见于早前寒武纪, 中元古代的盆地以楔形的裂堑(坳拉槽)发育为特色。就显生宙盆地而言, 陈国达曾提出大地构造的第三单元(地洼), 朱夏认为经历了“两个世代”和“两种体制”的转化, 豪威尔(1985)在其编的太平洋地体图例中分出了后联合古

陆(Pangea)活动的地体和联合古陆形成期间或以前的增生地体。尽管所用的名称或术语不同, 反映的认识却是相同的。层序地层学的研究表明显生宙中发生过两次全球范围的海侵-海退的巨旋回是由大陆的拼合和解体导致大洋体积的变化所引起的主要的大陆海泛面旋回(Vail et al., 1991)。也正因为这样, 在进行单个盆地的研究时应将它置于一个全球的时-空框架中去考虑; 在进行盆地内沉积物的研究时应结合层序地层学的工作, 把时间、空间和物质这三者统一起来。应该承认, 我们在从全球构造角度总结盆地的阶段性及其含油气特征方面的认识还是肤浅的。

(2) 盆地中沉积物的堆积、转化和运移。不管哪一个盆地分类方案, 都是基于典型实例的解剖且总结了每一类盆地的基本特征, 包括地壳结构、盆地形态、热流值、沉降曲线、充填物、生长构造、构造样式等。不过, 由于种种原因(这可能也反映了盆地分类方案尚不完善), 每一类盆地中都有若干例外。沉积的特殊性因其自身固有的规律而值得强调, 因为沉积作用主要是水动力条件、生物作用、气候、古地形(或古地理)等变量相互作用引起的动力效果, 所以应把盆地的构造背景、热体制和沉积环境综合起来研究。因为油气通常不聚集在它的生成处, 不同沉积环境之间的过渡带有特别重要的意义。从油气观点看, 埋藏速率与沉积速率具同等重要的意义, 快的埋藏速率有利于有机质保存。

油气是在温度和压力作用下生成并进行运移的, 故石油地质认为(古)地温梯度、热流值及岩石热导率是确定油气生成和破坏的热标志。盆地中(古)地温梯度和热流值主要地是为构造决定的, 如盆地的构造位置, 生长断层及其活动方式, 盆地发育阶段, 底辟构造等, 也受岩石的放射性、水循环作用、冰期等因素的影响。断裂不但是火山喷溢或岩浆侵入的通道而具高的地温梯度值, 而且其活动(如推覆、走滑)时的机械能可转化为热能而导致岩石局部熔融。此外, 还要考虑时间因素, 只要有足够高的温度来促进烃类的形成, 正在发育的近代盆地也可能成为含油气盆地; 相应地, 地温梯度和热流值低的盆地中的有机质成熟可从时间得到部分的补偿。

断裂构造及其它构造在地下水活动、油气的运移与储集中所起的作用是不可忽视的, 还要考虑圈闭在盆地中的位置及圈闭时间与构造作用之间的联系。

(3) 盆地保存和油气成藏的研究应抓住两头:恢复原生沉积盆地的面貌和确定末次构造-热事件的影响。除现仍在发育的三角洲等少数例外,石油地质研究的盆地大都是业经改造甚至多次改造的构造盆地。张文佑提出区分原生沉积盆地和后生构造盆地的思想,强调必须重视盆地边缘相沉积的研究,打破现存的盆地框架,进行更大范围的构造岩相带的划分对比及古气候、古生态、古沉积环境等的分析,恢复前构造期沉积盆地的面貌(吴根耀,1987)。朱夏强调寻找油气必须从盆地的整体出发,率先了解其全貌,包括发育基础、形成机制和演化过程等,即强调盆地原型的研究。据盆地的地壳性质、构造位置、构造格架、应力场、热机制等特征,他把古生代盆地划为6种盆地原型,中-新生代盆地分为7类盆地原型(朱夏,1986;陈发景,1993)。

盆地在其演化过程中及后盆地阶段可能经历过多次构造-热事件的改造,相应地,发生过多期的成藏作用或/和破坏作用,而最终决定盆地保存和油气成藏的是最末一次构造-热事件。它在不同程度改造原生沉积盆地面貌的同时可能使成藏条件发生翻天覆地的变化,如华南的喜马拉雅运动。所以,应围绕新构造体制下的新有效成藏来考虑有效油气源、有效储层、有效圈闭和有效盖层的重新组合配套。这是油气勘探取得突破的关键一役,可比作足球赛中破网的“临门一脚”。孙肇才等(1991)在探讨扬子区海相油气总体形成规律时提出的“板内形变与晚期次生成藏”模式,可作为这方面的实例。当务之急,就是要在这一“临门一脚”上下功夫。

4 结语

含油气盆地的研究走过了一个构造学研究-沉积学研究-构造学研究的曲折道路,一定程度上反映了地质学中固定论与活动论的论战面貌。石油地质学以获得具经济价值的油气资源为目的,因而其研究对象必然从简单到复杂。或者说,石油地质学家总在不断地探索未知的领域,因而不可能要求他不走弯路。总结过去是为了预测未来,尽可能地少走弯路。

构造学研究重又成为盆地分析的核心与板块构造的诞生密切相关。板块学说的生命力,首先在于它的活动论思想,其次是它在提出全球洋-陆构造观的同时倡导的海洋与陆地结合、地质与地球物理结

合的研究道路。也正因为这样,以构造学研究为核心的盆地分析使石油地质学发展成以构造研究为主线的,把构造地质学与层序地层学、沉积学、地球化学、地热学、地下水动力学、油气积聚动力学等学科紧密联系在一起的综合性地球科学。

80年代后期盆地研究曾一度沉寂。这既反映了以活动论为指导的石油地质研究领域还有那么多必然王国等着我们去认识,也反映了油气勘探形势的日趋严峻。90年代前期国外学者的努力,不管是盆地研究(Allen and Allen, 1992; Parnell, 1992)还是层序地层学研究(Lin Changsong et al., 1996; Weimer, 1993-1994)显然都以预测和发现新的油气资源为主攻目标。国内学者也有站在这一国际学术领域前沿的,如朱夏及时提出了盆地分析的“活动论构造历史观”(朱夏,1991)。

新的油气田的发现当然需要新的方法和技术的武装,更呼唤着理论的进步。过时的旧观念应被抛弃,有的提法则要赋予新的内容。当前特别重要的是丰富和完善活动论的构造观,使之真正成为盆地研究的理论指导。这也是使含油气盆地地质学成为一个相对独立的完整体系的基础。笔者不揣冒昧,各从6个方面简述了盆地建造阶段活动论构造观的时间观和空间观的具体内容,探讨了研究造山作用与盆地演化之间统一的运动学过程和动力学机制的3个出发点,提出今后应大力加强地史期间盆地的阶段性特征分析,末次构造-热事件的影响和以构造为主线的多学科综合这3方面的研究,以期同仁指正。盆地研究的另一重要内容是盆地的改造与保存,这一研究同样应以活动论构造观为指导,限于篇幅,拙作未及论述,愿与有志者共同探讨。

致谢:作者衷心感谢承担南方新区油气勘探经理部项目过程中马力、甘克文、陈焕疆、陈继贤、葛芃芃、梁兴等先生的指教,刘和甫、钟大赓、蔡立国等先生的帮助,和甘克文先生对文稿提出的宝贵意见。

参 考 文 献

- 1 朱夏. 论中国含油气盆地构造. 北京:石油工业出版社, 1986
- 2 甘克文. 沿着朱夏教授开拓的道路发展含油气盆地地质学的理论,为深化我国的油气勘探作出贡献. 孙肇才、张渝冒主编. 中国油气盆地分析-朱夏学术思想研讨会文集. 北京:石油工业出版社, 1993, 122-127.
- 3 甘克文. 油气盆地研究中的一个基本问题——构造学研究. 丁贵

- 时, 甘克文, 郑俊章, 潘校华, 王玉新等编. 油气勘探工程新进展 (一). 北京: 石油工业出版社, 1995, 6-14.
- 4 Wu G Y. Collision tectonics in the central sector of the Sanjiang Indosinides bordering Xizang (Tibet), Sichuan and Yunnan, China. Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and South Pacific, Bangkok, Thailand, Aug. 1997, 347 ~ 359.
- 5 Bhattacharjee C C. The ophiolites of northeast India: a subduction zone ophiolite complex of the India-Burma orogenic belt. *Tectonophysics*, 1991, 191: 213 ~ 222
- 6 Ricci Lucchi F. Petroleum exploration worldwide, a history of advances since 1950 and a look at future targets. Tulsa: Pennwell, 1986
- 7 吴根耀. 裂谷构造与成矿作用. 石油学报, 1987, 8(3): 1 ~ 6.
- 8 张文佑, 吴根耀. 裂谷构造与成矿作用. 大自然探索, 1982, 1(2): 13 ~ 33.
- 9 Yano T, Wu G Y, Tan M Q and Sha S L. Tectono-sedimentary development of backarc continental basin in Yunnan, southern China. *Journal of SE Asian Earth Science*, 1994, 9: 153 ~ 166
- 10 Milanovsky E E. Classification and evolution of continental rifts. *Tectonophysics*, 1972, 15: 65 ~ 70.
- 11 张文佑. 断块构造导论. 北京: 石油工业出版社, 1984.
- 12 Bender F. Geology of Burma. Berlin: Gebr der Bontraeger, 1983
- 13 张文佑, 吴根耀. 试论碰撞构造——一种假说性的探讨. 大自然探索, 1986, 5(1): 97 ~ 104.
- 14 Nelson K D. Are crustal thickness variations in old mountain belts like the Appalachians a consequence of lithospheric delamination? *Geology*, 1992, 20: 498 ~ 502
- 15 Sacks P E and Secor D T jr. Delamination in collisional orogens. *Geology*, 1990, 18: 999 ~ 1002
- 16 Vail P R, Audemard F, Bowman S A, Einsele G and Perez G. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation. in: G Einsele, W Ricken and A Seilacher, (eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin: Springer-Verlag, 1991, 617 ~ 659
- 17 吴根耀. 张文佑教授与油气田地质学. 石油学报, 1987, 8(3): 1 ~ 6.
- 18 陈发景. 学习朱夏教授学术思想, 积极开展含油气盆地的研究. 孙肇才, 张渝昌主编. 中国含油气盆地分析——朱夏学术思想研讨文集. 北京: 石油工业出版社, 1993, 47 ~ 54.
- 19 孙肇才, 邱蕴玉, 郭正吾. 板内形变与晚期次生成藏——扬子区海相油气总体形成规律的探讨. 石油实验地质, 1991, 13(2): 107 ~ 142.
- 20 Allen P A and Allen J R. Basin analysis: principles and applications. Oxford: Blackwell, 1992
- 21 Parnell J (ed.). Basins on the Atlantic seaboard, petroleum geology, sedimentology and basin evolution. Geological Society Special Publication 62, 1992
- 22 Lin Changsong, Zhang Yanmei, Li Sitian and Zhang Qiming. Sequence stratigraphy modelling of sedimentary basins: application to Erlian and Yinggehai basins in China. *Journal of China University of Geosciences*, 1996, 7: 132 ~ 137
- 23 Weimer R J. Sequence stratigraphic concepts applied to integrated oil and gas field development with case histories. 1993 ~ 1994 AAPG Distinguished Lectures.
- 24 朱夏. 活动论构造历史观. 石油实验地质, 1991, 13(3): 201 ~ 209.

(收稿日期: 1997 年 12 月 27 日)

A TECTONIC OUTLOOK OF MOBILISM ON BASIN STUDY

Wu Genyao

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract

A short review of history on the oil and gas-bearing basin study reveals the development to experience a zigzag path of structural-sedimentary-tectonic researches. The recent contributions of petroleum geology should be attributed to the plate tectonics. To face a grim situation of oil and gas exploration, we should develop and perfect the tectonic outlook of mobilism, which is a guiding ideology and theoretical instruction on basin study.

In the process of basin occurring and sediments depositing, the following changes can be observed in a basin: (1) the basin geometry and framework, (2) the inner textures, (3) the growth structures, (4) the tectonic setting and provenance, (5) the basin type and its formation, and (6) the geothermal pattern. Spa-

tially, the basin analysis of mobilism is expressed by the following relationships: (1) the part and the whole of a basin, (2) a single basin and the basin group, (3) the regional and the local stress fields, and (4) the tectonic styles in the shallow and the deep. In addition, the complexities of continental margins and geothermal fields should be emphasized. A unitedly kinematic process and dynamic mechanics between orogenics and basin evolution can be explored from the viewpoints of (1) compression and tension being interdependent, (2) transformation by strike-slip faults, and (3) deep-seated courses.

To comprehend the basin occurring, sedimentation and thermal action, the three efforts should be taken greatly: (1) to sum up the features of basin evolution related to the global tectonic cycles, (2) to take tectonics as a key link and to synthesize the knowledges of structural geology, sequence stratigraphy, sedimentology, geochemistry, geothermology, groundwater dynamics and oil-gas accumulation dynamics, and (3) to understand the reformation or influence of the youngest tectono-thermal event.