

文章编号: 1001- 6112(2005)01- 0008- 10

# “盆”“山”耦合和脱耦的反转点和切入点研究

吴根耀<sup>1</sup>, 马力<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 中国石油化工集团公司江苏油田, 江苏扬州 225009)

**摘要:** 反转构造的反转点和“盆”“山”关系的切入点是“盆”“山”耦合和脱耦研究的方法论中的关键问题。抓住抓好反转点, 一是要深刻认识中国大地构造特征所决定的“盆”“山”关系的复杂性, 二是要全面了解区域内“盆”“山”耦合和脱耦的关键问题。“盆”“山”关系的切入点, 既应视具体的研究对象多方位、多角度、多层次、多侧面地确定, 也要强调首要的和必要的切入点是造山作用的类型。抓对反转点的必由途径是“盆”“山”研究中把“正序”与“反序”结合起来而以“反序”的研究为主, 文章简要介绍了反序地编制“盆”“山”演化图的经验。反转点和切入点的确定体现在盆地研究中, 是在给予时间约束和厘定盆地含义的前提下正确认识盆地的世代更迭和各世代的构造格架及构造样式, 特别是正确认识重大构造运动时期的盆地世代更迭。“盆”“山”耦合和脱耦的反转点和切入点研究的突破, 必将造成盆地研究生动活泼的新局面, 进而给残留海相盆地的油气勘探带来新的启示。

**关键词:** 反转点; 切入点; 反序研究; 盆地世代更迭; “盆”“山”耦合和脱耦

中图分类号: TE121. 2

文献标识码: A

本文作者曾把“盆”“山”耦合和脱耦研究的方法学归结为: 抓准 2 个点(反转构造的反转点, “盆”“山”关系的切入点), 编好 3 种图(“盆”“山”演化图, 构造柱状图和“盆”“山”构造图)<sup>[1]</sup>。本文试图进一步论述“盆”“山”耦合和脱耦分析中的反转点和切入点研究。

## 1 反转点识别的困难性

反转点是地质记录中反映出来的构造体制的逆转时刻(包括正反转和负反转), 相当于盆地地质学家所称的“盆”“山”转换期或构造变革期<sup>[2]</sup>。抓准反转点的关键是, 不但要对区域内“盆”“山”耦合和脱耦的关键问题有深入全面的了解, 而且要把握中国大地构造特征所决定的反转点识别的困难性。

“盆”“山”耦合和脱耦的关键问题包括以下方面。1) 洋盆的性质及为其分隔的两侧大陆块体的构造属性, 这直接决定了造山作用的强度、影响范围(造山带的规模)和“盆”“山”耦合的特点。已有的研究可把洋盆分为 3 种主要的类型。一是分隔了地史期间的冈瓦纳大陆和亚洲大陆的开阔大洋, 其两侧的大陆块体长期有独立的演化史, 早前寒武纪克拉通化时即具有不同的地球化学场, 古生代有明显不

同的生物区系和沉积组合。二是分隔了起源于冈瓦纳大陆不同部位的微大陆(或次大陆)的开阔大洋, 其两侧的大陆块体也有长期的独立演化史, 在洋盆发育的全盛期有明显不同的生物区系和沉积组合。这两种洋盆都是长期发育的陆间洋, 可能经历过多次的消减, 消减的极性可能不同, 活动大陆边缘的类型也各不相同。第三类洋盆则是短命的小洋盆, 如陆内洋、因造山带的坍塌由坍塌裂谷发展而来的洋盆等。2) 造山作用的类型, 它明显控制了该期造山运动构建的“盆”“山”耦合关系的特点, 也直接影响了造山后盆地的发育<sup>[1]</sup>。如: 陆-陆碰撞造山作用常控制了宽阔的(逾千千米)前陆褶皱冲断带和前陆磨拉石盆地(群)的发育, 造山带自身则因强烈的拆沉作用而有坍塌裂谷发育, 在经历了相对短暂的隆起剥蚀后可接受沉积(造山后盆地); 对增生弧型造山作用(属陆-弧碰撞)而言, 现大面积分布的主要是弧前海沟的沉积(增生的火山-沉积楔), 岩石圈的拆沉作用不明显, 造山带主要通过剥蚀夷平来达到新的重力均衡, 因而长期处于隆起状态, 无造山后盆地发育。3) 脱耦的方式则与盆地的改造和油气的晚期次生成藏有密切关系。现已发现 2 种脱耦方式: 一是强烈的年青造山运动构建新的“盆”“山”耦合关系而使原“盆”“山”关系解脱; 二是因造山带快

收稿日期: 2004- 11- 05。

作者简介: 吴根耀(1946—), 男(汉族), 上海市人, 研究员, 主要从事大地构造学研究。

速强烈的坍塌而使原“盆”“山”关系解脱<sup>[3]</sup>。4)“盆”“山”耦合和脱耦事件的时间约束:至今我们仍习惯于以地层记录中的不整合面来表证一个构造事件,大区域内该不整合面实际上是穿时的,不整合面上开始沉积记录的时代在各地也并不一致。5)对陆内的(内硅铝质的)造山带,除了确定控制该陆内造山作用发生的主冲断裂带(活化的古缝合线或古深断裂)外,还必须抓住两头:一是激活该古缝合线或古深断裂的内硅镁质的造山运动及其造山极性;二是在陆内造山带的不同地段主滑脱面(层间滑动断裂)的深度。

中国大地构造特征所决定的反转点识别的困难性和复杂性可以前陆盆地为例说明。该类盆地内常见两套沉积:下部为被动大陆边缘沉积;上部为伸展构造体制反转为汇聚挤压环境后的前渊复理石-前陆磨拉石沉积。相应地,烃源岩系也有两类。中国的油气勘探发现,许多前陆盆地内并未发现下部的被动大陆边缘沉积。这需要区分两种情况:一种情况是前述的发生在板内环境的陆内前陆盆地,本来就没有被动大陆边缘沉积,也没有前渊复理石和复理石与磨拉石之间过渡的海-陆交互沉积;另一种情况是原来确有被动大陆边缘沉积发育,但在后期的构造事件中因陆内俯冲或大规模走滑等原因而没有保存下来,此时如果前陆褶皱冲断带的宽度较大,原克拉通地区可被卷入前陆褶皱冲断作用,因而前陆盆地中的下部沉积可能是陆表海沉积(克拉通盆地)或裂隙海槽沉积。还应注意前陆盆地演化的复杂性。四川盆地以龙门山冲断带为西界,中-新生代内有多套磨拉石发育。在该盆地的西缘即龙门山的山前,可见从陆表浅海相经海陆交互沉积过渡为陆相磨拉石堆积(须家河组)的完整序列,但须家河组的空间相变特征表明它晚三叠世是南大巴山冲断带控制的前陆盆地里的堆积<sup>[4]</sup>,之后才因龙门山冲断带的活动而把南大巴山的前陆“袭夺”为龙门山的前陆,“袭夺”的细节仍有待深入研究。

中国大陆上“盆”“山”关系的复杂性<sup>[5]</sup>决定了反转点识别的困难性,所以我们在分析“盆”“山”耦合和脱耦时一定需要一个正确的活动论的时空观。就时间序列而言,一次造山活动不但要延续一段时间(绝不是原槽台学说认为的“瞬时”,表示为地层柱内的一个不整合面),而且在空间上具有迁移性。金沙江-墨江洋盆消减和闭合有南早北晚之势,即墨江洋盆在晚二叠世早期消减,晚二叠世晚期闭合;金沙江洋盆南段晚二叠-早三叠世消减,中三叠世晚期闭合;金沙江洋盆北段早三叠世起消减,晚三叠世晚

期才闭合<sup>[6]</sup>。碰撞造山作用同样具空间的迁移,如华北陆块与扬子陆块间印支期的碰撞自东向西迁移,因而豫东皖西地区早石炭世晚期和晚石炭世发育磨拉石,鄂西地区晚三叠世早-中期开始磨拉石沉积,川北地区则迟到晚三叠世中-晚期才有磨拉石建造。相应地,与碰撞有关的逆冲推覆构造和岩浆活动也有东早西晚之势<sup>[7,8]</sup>。也正因为这样,在讨论“盆”“山”关系时应先给予时间约束。在一个确定的时间段内,仍应注意下列问题。1)在某个特定的造山阶段,尽管造山的极性不变因而区域构造的大框架相对稳定,造山作用的细节仍可有明显变化,因而与之耦合发育的盆地也表现出不同的特征。以俯冲型造山作用为例,尽管洋壳消减的方向不变,洋壳消减速度和消减带的倾角在消减过程中会发生变化,相应地活动大陆边缘的类型、沟弧盆体系的特征等随之发生变化。2)在同一造山带的不同地段,造山过程的进程可能有明显差异,与造山作用耦合的盆地发育因地而异,因而构造发生反转的时间也因地而异。3)一个盆地的发育可能同时受几个造山带演化的控制,或虽以一个造山带演化的控制为主,但叠加有其它造山带演化的影响,应在正确地构建“盆”“山”系统的基础上逐个地分析反转构造的反转点。

“盆”“山”之间空间关系的复杂性则是由两方面的因素造成的:主观因素和客观因素。就后者而言,它可能包含了下列几方面。1)据古生物区系、沉积学(及沉积大地构造学)、岩石学(及岩石大地构造学)、地球物理与深部地质、地球化学场、古地磁等方面的资料确定的“盆”“山”的界线可能是不一致的。2)在一个开阔的造山带内常包裹一些稳定克拉通的残块,造成“山”中有“盆”的情况。如果洋壳发育阶段的构造格局即是为若干地块分隔的小洋盆群(如古特提斯分支洋盆的东段),洋盆陆续闭合后形成的一个复杂的造山瓣,则必须分段或分区地来讨论反转构造的反转点。3)由于不同深度的层间滑动断层可使深部的盆地沉积免被卷入造山作用,因而剖面上可出现上“山”下“盆”的情况<sup>[9]</sup>,应区分不同的构造层来分析反转点。4)面状的陆内造山带<sup>[10-12]</sup>模糊了线形的造山带与面状的克拉通(或盆地)之间绝然对立的状态,使反转构造的研究变得困难。

造山带的特点,不仅是地质记录严重残缺,现存记录已发生歪曲或畸变,而且从本质上来讲它是一个构造反转带,因而一定要把已经反转了的构造再反转过来<sup>[13]</sup>。但在研究造山带的早期阶段,人们习惯于或不得不据零星的资料和表面的现象来解释

现存的地质面貌是怎样形成的,而不是提出一个反转构造的工作假说(工作模型)。换言之,处在必然王国里的研究者是被表面现象牵着鼻子走的,这是造成“盆”“山”之间空间关系复杂性的主观因素。以郟(城)庐(江)断裂为例,当野外调查证实了航空物探发现的一条深大断裂确实存在之后,人们逐步发现该断裂两侧的岩石、地层和地质体等具有可对比性,形成了左行平移断距达 700 km 的认识。可以毫不夸张地说,郟庐大平移的观念深深地影响了整整一代中国地质学家的思维。进入新千年之后,郟庐大平移的传统观念受到了强烈的冲击<sup>[14, 15]</sup>。事实上,苏鲁洋/造山带及苏北的高压—超高压变质岩带与秦岭—大别洋/造山带及大别的高压—超高压岩带本不是一个东西<sup>[3, 16, 17]</sup>,不能用郟庐断裂的左行错开来解释。但是,今天的郟庐是一条陆内的断裂,在其研究的早期阶段不可能提出它是古特提斯洋域中的转换断层的工作假说。提出这样的工作假说必须分两步走:第一步是从陆内的平移断层反转为大陆边缘的走滑断层;第二步才从陆缘的走滑断层反转为连接两个洋盆(秦岭—大别洋和苏鲁洋)的转换断层。这一思路即下面要进一步论述的“反序”研究。

只有抓住了区域内“盆”“山”耦合和脱耦的关键问题,认识了中国大陆上“盆”“山”关系的复杂性,我们才能不被错综复杂的地质现象迷惑,调动一切手段,抓准抓好反转点,使盆地研究出现一个新局面。

## 2 切入点的多样性

与欧美的盆地研究相比,我们的切入点明显太少,说明我们的学术思想不够活跃。其实,中国大地构造特征决定的盆地的特殊性和复杂性本身就是一个很好的切入点;拉张型盆地、挤压型盆地和剪切型盆地与中国大陆上各类造山带(作用)之间的耦合特征则是一个大切入点。就单个盆地而言,各种研究方法和技术手段也可以成为“盆”“山”耦合和脱耦研究的切入点。

以层序地层学为例,它已成为油气勘探中广为应用的权威性技术。由于陆相沉积物的堆积空间的变化与海平面升降间没有直接的内在联系,陆相层序地层学尚未形成统一的模式。中国因陆相地层广布且大都进行过油气勘探,因而较早且较成功地将层序地层学应用于陆相地层(盆地)的分析中<sup>[18, 19]</sup>。李思田等<sup>[20]</sup>把相和沉积体系置于盆地的整体地层格架内,按等时界面划分、识别并对比层序界面,提

出了盆地充填系列和构造层序,形成了不同于国外海相层序地层学模式的陆相沉积层序分析的系统方法。如果层序界面均为构造面,可称“构造层序地层学”<sup>[21]</sup>,它显然是分析“盆”“山”耦合和脱耦关系的一个切入点。顾家裕<sup>[22]</sup>提出陆相断陷盆地中的陡坡型和缓坡型两类地层层序模式,操应长等<sup>[23]</sup>认为陆相断陷盆地可能因幕式构造运动而只能分出两个体系域,称 T-R 层序,可成为这类盆地研究的切入点。中国地质学家也较早地将层序地层学用于前陆盆地的分析中<sup>[24, 25]</sup>,并发展为动力层序地层学,即探讨盆地内层序充填的动力学过程<sup>[26]</sup>。这样,层序地层学的研究不但有助于了解“盆”“山”的转换,而且可以把研究范围扩大到造山带地区,成为更高层次的“盆”“山”耦合和脱耦研究的切入点。储层高分辨率层序地层学<sup>[27~29]</sup>的方法在美国出现以后,中国的石油地质学家迅速将它应用于陆相沉积盆地的储层预测中<sup>[30, 31]</sup>,并在基准面旋回的级次划分、叠加式样和层序界面的识别对比的技术方法等诸多方面积累了新的经验<sup>[32, 33]</sup>,对准确预测储层类型及其空间分布规律起了促进作用。

简言之,中国地质学家在陆相层序地层的研究方面有不少闪光点,如能成为“盆”“山”耦合和脱耦研究的切入点,这一领域的研究一定会出现十分生动活泼的局面。

诚然,切入点可以因研究的对象和具体内容而不同,也可随使用的方法和技术手段而变化,但在“盆”“山”耦合和脱耦分析中,首要的和必要的切入点是造山作用的类型,它直接决定了“盆”“山”关系中关键问题的选择,一定程度上也影响了方法和技术手段的应用。对增生弧型(图尔基式或突厥式,之后又称为阿尔泰型<sup>[34]</sup>)的造山作用,其切入点就是洋壳的后退式消减,由此决定的“盆”“山”关系中的关键问题是:1)在洋壳消减过程中的不同时期,岩浆弧(或火山弧)的位置、弧前深海沟的位置、洋盆另一侧的被动大陆边缘(及反转成的前渊)的位置及其迁移的幅度;2)陆-弧碰撞时因岛弧系的火山-沉积岩仰冲超叠在岛弧另一侧的大陆块体上而形成的碰撞高原的范围;3)原控制被动大陆边缘和前渊的断层反转及其在前陆褶皱冲断带发育中的作用<sup>[35]</sup>。对斜向会聚-剪切造山带而言,切入点显然应是剪切活动(包括大陆边缘的剪切活动和陆内的剪切活动),由此决定的“盆”“山”关系中的关键问题是:1)一条走滑断层的平面形态,当它是锯齿状转折时应注意分析各段的应力状态(是剪切挤压还是剪切拉张),当它是雁行斜列时则应据走滑方式正确判别它

的延伸;2)一条走滑断层剖面上的形态,即正花状构造或负花状构造;3)走滑断裂的平面组合,一条走滑断裂可通过末端的分岔而终止其走滑活动,几条走滑断裂也可能先后不同地汇聚到某条主干断裂上;4)巨大的走滑平移量可能通过剪切带连接到高角度相交的冲断层或正断层上而被吸收掉;5)时间约束,在不同的地史阶段,同一条走滑断层的活动方式很可能炯然不同,即使在同一造山运动期内,构成一个走滑断裂系的走滑断层的活动可能是“此起彼伏”的,走滑方向也不尽一致,对一条走滑断层而言,则明显可发现其走滑活动(及为之控制的盆地发育)有随时间而迁移的规律<sup>[3,36,37]</sup>。这一切入点还决定了剪切造山带的“盆”“山”演化图有自己的特点。对碰撞造山带,通常只选取横切造山带及其一侧盆地的剖面来分析其耦合关系(见下述)。剪切造山带则需一条既通过造山带自身又通过造山带两侧盆地的剖面才能全面揭示这一耦合关系;而且,由于剪切造山带的宽度无论是相对于剖面长度还是相对于剪切带长度都明显偏小,因而需适当放大水平比例尺才能表示造山带的细节(如剪切挤压断层或剪切拉张断层的水平断距等)。

简言之,“盆”“山”关系的切入点应视具体的研究对象,多方位、多角度、多层次、多侧面地确定。切入点越多,“盆”“山”关系研究的思路才会开阔,研究的局面才会活跃。“盆”“山”耦合和脱耦研究的最终目的是为了获得有经济价值的油气藏,故应在造山作用的类型这一首要切入点的统率下,特别注意分析控制有效成藏的末次构造-热事件所决定的各个方面(二次生烃、排烃、运移、聚集、圈闭及后期调整)的切入点,以期在认识晚期次生成藏方面有所突破。

### 3 “正序”与“反序”结合以“反序”的研究为主

从思想方法来说,“盆”“山”耦合和脱耦研究是地质构造的力学分析与历史分析相结合的方法的延伸和发展,发展的内容之一是提出“正序”的研究与“反序”的研究相结合、以“反序”的研究为主且结合空间上的反转进行<sup>[1,9]</sup>。所谓“反序”,就是由近及远、由新到老一层一层地剥去叠加在其上的后期改造,这不但能使奠定本区构造格架的造山作用的真实面貌显现出来,而且还能清楚地明了各构造(亚)层的生储盖组合和圈闭特点从而明确下一步的勘探方向。

区域构造史的恢复常是由远及近的(“正序”

的),它包括基底构造层的形成,盆地建造期各阶段的建造类型、建造序列和组合及其空间分布(油气的生、储、盖层与之密切相关),盆地建造期及改造期的历次构造运动的性质,应力场的方向和变形特征,大陆块体的大规模漂移(或位移)及与邻侧块体的拼合、碰撞或超叠等。以油气勘探为目标的盆地研究主要是“反序”的,通俗地说是从上逐层地往下“揭”。揭去尚未经受改造的最年青盖层(可标记为层<sub>n</sub>)后,面对业经改造的层<sub>n-1</sub>,我们需进行两方面的工作:一是垂向上的,如确定原沉积底面的高度(古地形面的恢复)、沉积的原始厚度与岩石厚度间的压实校正及不整合面以下的地层剥蚀量的估算等等;二是水平方向上的,即沉积后的和同沉积的构造分析。沉积后的构造分析是消除地层因褶皱、叠覆等的影响而将地壳复原到原始的长度,即地质平衡剖面概念<sup>[38]</sup>提出后逐步发展成熟的地质平衡剖面技术,它使业经构造变形的地层满足几何学(长度、面积和体积)上的平衡<sup>[13]</sup>。同沉积的断层(及褶皱,如生长背斜)的分析包括断层的活动方式、活动规模、对盆地发育和沉积作用的控制及断层停止活动后(沉积作用可能仍在进行)的古地形古地貌等等。换言之,层<sub>n-1</sub>其实在其建造阶段就经历着变形和改造,今天所看到的层<sub>n-1</sub>是同沉积的构造作用和沉积后的构造活动叠加的结果。在此基础上,我们可揭去层<sub>n-1</sub>,露出其下的层<sub>n-2</sub>。剖析层<sub>n-2</sub>同样需要进行上述两方面的工作,只是要先消除叠加在其上的使层<sub>n-1</sub>发生变形和改造的构造事件的影响。

“正序”与“反序”结合以“反序”的研究为主,这是我们抓准抓对反转构造的反转点的必由途径,也能对“盆”“山”关系切入点的确定带来有益的启示。

在实际操作中,这一“反序”的研究常常是通过编制既通过造山带又通过盆地且与造山带走向大致垂直的若干种剖面来实现的,如地质平衡剖面图、“盆”“山”演化图、地质-地球物理综合解释剖面图及盆地复原古构造图(古构造等高线图<sup>[39]</sup>)等。总结在中国南方开展这一工作的经验,初步认为“反序”研究中应注意以下几点。

1)“盆”“山”耦合和脱耦分析要先给予时间约束。反映在“反序”研究中,是据不同深度上发育的层间滑动断裂(它们可能沿原区域不整合面发育,也可沿沉积岩中的软弱夹层如膏盐层、泥岩、页岩等发育)正确地划分构造层和亚构造层。

2)在“正序”研究确定“反转点”或盆地转型期的指导下,从新到老逐个分析该构造层或亚构造层形成的区域构造背景、建造的性质类型和空间展布、同

沉积构造活动的式样及该构造层形成时盆地的原始面貌。盆地发育是一个动态的过程,不同地史阶段其范围或边界断裂的位置并不相同,但常表现出有规律的迁移。

3) 在“正序”研究的区域应力场分析指引下,从新到老逐个分析各构造层或亚构造层的变形特征(如造山的极性、冲断构造扩展的方向等)及后期经历的改造,在认识该期变形生成的构造圈闭的类型、特征及空间分布的同时,分析原已形成的构造圈闭在该期变形中遭受改造的情况<sup>[40, 41]</sup>。

4) 由近及远地进行平衡复原和构造复位,即晚变形的先平衡复原、先变形的后平衡复原。要注意的是,在中国的造山带地区,由于普遍发育走滑活动和强烈的陆内俯冲,可能只有最年青的 1~2 次变形能作出平衡剖面(制作平衡剖面的前提见 Me-Clay<sup>[42]</sup>);对更老的变形事件,只能在复原的剖面上示意性地表示地壳的缩短或伸展。在由近及远的复原过程中,要对业经移位的地质记录进行构造复位<sup>[43, 44]</sup>,甚至可能需要多次复位,才能较客观地反映建造阶段的原始面貌。构造复位可认为是在不能实现定量的几何学上的平衡的情况下所进行的定性的“概念上”的平衡分析。

5) 在生储盖组合和构造圈闭特征分析的基础上,结合各构造(亚)层的岩浆活动和古地温场、生排烃的高峰期和油气运移的通道及方向等多方面的研究,分析油气成藏规律。特别是要在认识该地发生的多期成藏作用/破坏作用的基础上,指出最终决定油气晚期次生成藏的构造-热事件<sup>[45]</sup>。

以上所述的“盆”“山”耦合和脱耦特征的“反序”研究程序,主要是对新生代盆地并保证该剖面通过的“盆”“山”属同一运动学系统(或说剖面切过一个“盆”“山”系统<sup>[44]</sup>)的前提下而言的。

对古生代盆地及部分中生代盆地而言,情况要复杂得多,因为我们面对的是经受了多期改造的盆地,它既可能是原盆地经过多次解体、移位后的残留盆地或残余盆地,也可能是原处于不同位置的地质记录经多次移位、拼凑出来的所谓“复合盆地”。对这些盆地,首要的是加强“正序”的研究,采取更先进的学术思想如造山带古地理学<sup>[43]</sup>和相应的盆地分析方法<sup>[44]</sup>,尽可能客观地进行构造复位。在这一基础上的“反序”研究也相应地需要更多样化的和多变化的图件来反映“盆”“山”间的耦合和脱耦。如造山带剖面上常表现为“立交桥构造”,需要几条不同走向的剖面才能全面地反映“盆”“山”关系;同一走向的一条剖面既可能是由地史期间的几个剖面“结合”

起来的,也可能在后期的构造演化中再“分解”为几个剖面;为了表示某个特定的内容,可以增加必要的附图,等等。

## 4 盆地的世代更迭

上述三方面的认识,归根结底要在盆地研究中体现出来,反映为对盆地的世代更迭和各世代构造格架及构造样式的认识。笔者已指出,原称盆地叠合的本质是“盆”“山”系统的更迭<sup>[44]</sup>。限于篇幅,本文只讨论盆地的世代更迭。

研究盆地世代更迭的一个大前提是,我们所研究的地质记录在一个限定的地史阶段内必须位于同一盆地内。因为今天我们所面对的一个盆地绝不是地史期间盆地原封不动的遗留物,可能存在两种极端情况:1) 现存的一个盆地只是地史期间盆地的一部分,其它部分既可能保存在别的盆地(不论其是否遭受变质-变形而面目全非),也可能因种种原因而“消失”了;2) 现存的一个盆地是由地史期间原本分属于几个盆地的地质记录在多期构造移位后拼凑出来的一个“沉积物拼盘”。从盆地动态演化的角度来看,盆地不论在其建造阶段还是改造阶段,分分合合的情况都十分常见,因而在限定时间阶段的同时还应厘定盆地的含义。一个盆地内现存的次级构造单元也有两种极端情况:1) 建造阶段盆地的内部结构相对简单,因后期的多次变形作用而造成了现今的这些次级构造单元(包括原本不属于该盆地的沉积记录);2) 建造阶段盆地的内部结构相对复杂,但因后期多次的改造而变得模糊,现在盆地内的地层可能只是一个倾角十分平缓的单斜。即使是确属原建造阶段的次级单元,也有一个形成、发展和消亡的过程,既不是天生就有的,也不是一成不变的。

在这样一个前提下,我们可以在一个大的区域构造框架内讨论某一地史阶段内一个盆地的演化,分析其世代更迭。试以云南楚雄盆地侏罗纪到第三纪的演化为例说明(现通用的楚雄盆地一词包括了滇中的西部拗陷和滇东的东部拗陷)<sup>[43]</sup>。

早一中侏罗世时,在经印支运动拼合成的中国—东南亚次大陆上形成两个超大型红色盆地,分别位于中亚—我国西北地区 and 我国西南—中南半岛<sup>[12, 46]</sup>。后者是一个典型的复合大盆地,故楚雄盆地与其它次级盆地之间表现出明显的不同。以印支造山带为基底的滇西地区(如思茅盆地、兰坪盆地等)常缺失下侏罗统及中侏罗世早期沉积,且因造山期挤压应力的松弛而表现出伸展的性质(边界断裂

为正断层),沿边界断裂有玄武岩喷溢(夹于红层中),盆地的西部地区因遭受海侵而有海相沉积夹层发育。在扬子克拉通上发育的次级盆地,尽管下一中侏罗发育完好,未见边界断裂活动,也未见海相沉积夹层(但有膏盐岩沉积),但仍可区分出 3 种情况: 1) 上叠在晚三叠世的磨拉石盆地之上,如楚雄盆地西部拗陷; 2) 上叠在晚三叠世的裂谷盆地之上,如川西南的攀(枝花)西(昌)地区,属陆-陆碰撞时下插板片上发育的坍塌裂谷<sup>[47]</sup>,尽管此类盆地中的上三叠统也为含煤地层且与下侏罗统间为整合过渡关系,但它与楚雄地区的晚三叠世磨拉石盆地在地质剖面、盆地结构、岩浆活动和沉积建造等方面表现出明显的差异<sup>[43]</sup>; 3) 晚三叠世的隆起剥蚀区,下侏罗统红层超覆在前上三叠统不同层位的地层上。早一中侏罗世是超大型盆地的形成期,表现为各次级盆地间的差异逐渐减小,并随次级隆起的夷平或沉没而连通成一个统一的大盆地,是为第 1 世代的楚雄盆地。

楚雄盆地的第 1 世代可理解为盆地建造阶段中的改造阶段,可分为两个亚阶段。早期亚阶段,受其东面的燕山期川南-滇东褶皱-冲断系(属陆内的造山运动<sup>[11]</sup>)发育的影响,楚雄盆地东部拗陷区晚侏罗世时隆起剥蚀,至早白垩世晚期才重新开始沉积(磨拉石建造);此时滇中和滇西地区却是超大型湖盆发育的全盛期。早白垩世时,区域构造体制发生了变化,即:因新特提斯洋的消减,原超大型盆地的性质由陆内拗陷转变为丹纳沙林-高黎贡弧的弧后盆地<sup>[48]</sup>,因而下白垩统与上侏罗统间常见假整合

接触。不过,因为滇中地区侏罗-白垩系红层发育得如此完好,以至区域构造体制的这一变化长期以来未受到应有的重视。

晚白垩世是楚雄盆地发育的第 2 世代,是残留的大盆地发育阶段。由于新特提斯洋壳消减引起的俯冲型造山作用席卷了滇西的广大地区,兰坪盆地、思茅盆地等均在晚白垩世时闭合回返,超大型盆地的范围明显变小。滇东地区因燕山期的陆内造山运动趋于平息,因而晚白垩世时普遍接受沉积,重又成为超大型盆地的部分<sup>[45]</sup>。

楚雄盆地发育的第 3 世代,是古新世时盆地的大面积萎缩。此时原大盆地沉积区的构造分异进一步加剧,即滇西北地区发育一系列的线形断陷盆地,且有碱性岩浆活动<sup>[49]</sup>,指示了燕山期俯冲型造山带的坍塌。滇中和滇东地区则由原大面积拗陷转化为小范围的块状断陷,两者的区别是后者未见碱性岩浆活动。始新世时楚雄盆地最终闭合,进入了盆地改造阶段。

云南的喜马拉雅运动可分为 3 大变形幕<sup>[37,49,50]</sup>,相应地,楚雄盆地也经受了 3 次重大的改造,两者的对应关系列于表 1 中。除表 1 中列述的变形外,还应指出不同深度的层间滑动断层(主要形成于第 2 变形幕)的重要性,它们使三叠系、下侏罗统等发生巨大的平卧褶皱,原生层面可能已被置换;把轴面劈理误作原生层面而计算厚度并据之恢复当时的拗陷-堆积中心等显然会得出错误的构造-古地理重建。

综上所述,不仅可以看到楚雄盆地是地史期间

表 1 喜马拉雅运动的变形幕及对楚雄盆地的改造

Table 1 Three deformational episodes in the Himalayan orogeny and their reformation on the Chuxiong Basin

变形幕及时代	变形特征	对楚雄盆地的改造
第 1 变形幕 晚始新-渐新世	一系列近南北向的断层发生向东的冲断,构成一弧后前陆褶皱冲断带,带内背冲构造和大型推覆构造十分发育,并控制了一组磨拉石盆地的发育,总体上冲断作用自西向东前展式扩展,止于滇黔交界区	1) 元谋地区的变质岩系再次冲出地表,形成“二坳夹一垒”的构造格局 2) 盆地的西界和东界定型,盆内的南北向断进一步发展壮大 3) 原滇中海槽中的中-上三叠统发生向东的冲断,构成楚雄盆地西部拗陷的次级构造单元:西部冲断带 4) 原盐源边缘海中的二叠纪灰岩发生向东(偏南)的冲断,构成楚雄盆地西部拗陷的次级构造单元:平川凸起
第 2 变形幕 中新世为主	大规模的陆内走滑活动,可细分为 3 个阶段 <sup>[51]</sup> : 1) 距今 19~24Ma,那邦断裂和怒江断裂右行走滑,哀牢山断裂左行斜冲; 2) 距今 11~14Ma,实皆断裂右行走滑; 3) 距今 5~8Ma,哀牢山断裂停止活动,红河断裂右行兼正断,怒江断裂左行	1) 在向东南的构造逸脱中相对其西的大理地区和其东的昆明地区成为一隆起区(白草岭隆起) 2) 盆地的西南边界定型 3) 盆内的北西向断裂活动方式与红河断裂一致,并派生出与之共轭的北东向断裂
第 3 变形幕 上新世	青藏高原呈扇形山体发生隆升,其周缘地区发生向外的冲断,如兰坪-剑川-鹤庆一线向北倾的东西向冲断带	1) 楚雄盆地的北界形成 2) 基底中的东西向构造重新活动,如新平地区,构成了西部拗陷南部的次级构造单元:大红山凸起

的超大型盆地的一部分,盆地演化过程中与邻区(滇西)的盆地发生过分合,而且可以发现:楚雄盆地是一个典型的构造盆地,其两拗夹一隆的构造格局是因后期改造而形成的;作为油气勘探主攻目标的西部拗陷的次级单元也是在盆地改造阶段中形成的,并不代表建造阶段的构造-古地理格局;有的次级单元原来并不属于楚雄盆地,西部拗陷实际上是一个“沉积物拼盘”。喜马拉雅运动使楚雄盆地遭受了强烈的改造,因而今天看到的楚雄盆地与地史期间的楚雄盆地可以说是“面目全非”。

也正因为这样,本文特别强调重大的构造运动时期的盆地世代更迭关系,它不仅有助于抓准抓好反转构造的反转点,通过同时代盆地间世代更迭的对比还可以对“盆”“山”关系的切入点研究带来有益的多方面的启示。试以滇西南景谷-镇沅地区的第三纪盆地为例说明。

该地的第三系发育甚好,均为陆相红盆沉积,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场松弛背景下的断陷盆地,以勐野井组和等黑组为地质记录;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,沉积记录为勐腊群;新第三纪时发育为碰撞后的走滑断裂活动控制的走滑盆地<sup>[13]</sup>。从空间范围看,这 3 个世代的盆地面积趋于变小(图 1)。与邻近地区的同类型盆地相比,这 3 个世代的盆地都明显具有自己的特点。

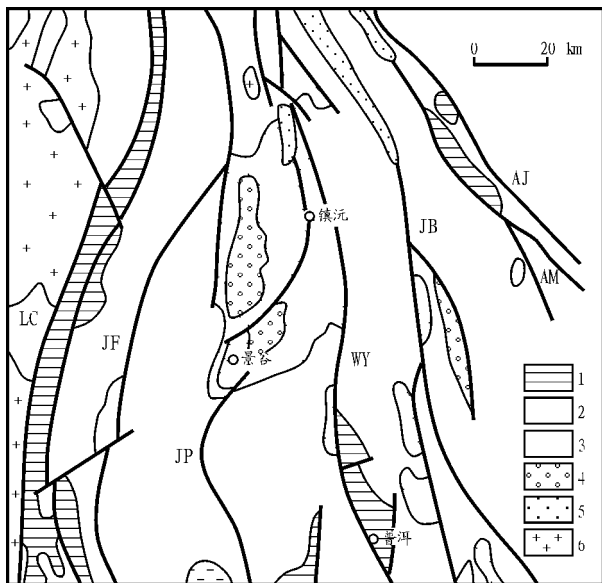


图 1 滇西南景谷-镇沅地区的第三纪盆地<sup>[53]</sup>

- 1. 上古生界; 2. 中生界; 3. 勐野井组和等黑组;
- 4. 勐腊群; 5. 第三系; 6. 花岗岩

断裂名称: LC. 澜沧江; JF. 酒房; JP. 景谷-普文; WY. 无量山-营盘山; JB. 景东-把边江; AJ. 安定-一九甲; AM. 阿墨江

Fig. 1 The Tertiary basins in Jinggu-Zhenyuan area, Southwest Yunnan Province<sup>[53]</sup>

第 世代的盆地,与滇西北地区线形的坍塌裂谷应有相似的构造位置和构造背景,但形态上表现为块状,也未见碱性岩浆活动。究其原因,可能有两类。

1) 基底刚性程度不同:滇西北地区刚性程度高,燕山期变形以冲断构造为主,变质作用及岩浆活动主要沿断裂发生;滇西南地区基底刚性程度较低,燕山期变形以侏罗-白垩系的台布式褶皱为主,变质作用及岩浆活动沿褶曲轴部发育。

2) 侏罗-白垩纪盆地发育阶段有一个横向隆起分隔了滇西北的兰坪盆地和滇西南的思茅盆地,在燕山运动中成为两个不同特征的变形域之间的界线。需注意的是,景谷-镇沅地区古新世的盆地形态与楚雄盆地萎缩期的形态十分相似,但两者的构造位置和构造背景并不相同。

第 世代为磨拉石盆地,表现出以下特征。

1) 就区域内而言,喜马拉雅期的冲断活动是自西向东前展式地有序(in sequence)扩展的。勐腊群可分为 3 段,下段沉积时盆地西缘的酒房断裂是控盆断裂,上段沉积以大量的花岗岩砾和黑云母屑为特征,反映因澜沧江断裂的再度活动<sup>[52]</sup>将临沧花岗岩冲出地表成为物源区。澜沧江断裂位于酒房断裂以西,因而该阶段的冲断作用是无序(out of sequence)扩展的<sup>[53]</sup>。

2) 盆地的东缘实际上也是一条断裂,只是以平移活动为主,因而该盆地是一个陆-陆碰撞期的走滑挤压盆地<sup>[53]</sup>。因边界断裂的活动方式不同,盆地两侧的陆源碎屑成分表现出明显不同的面貌。东侧见大量灰岩(化石指示其时代主要为二叠纪)的砾石(这在滇西的老第三纪磨拉石盆地中较为罕见),这些灰岩因燕山运动的推覆或滑覆作用而构造接触覆于侏罗纪红层之上<sup>[54]</sup>,喜马拉雅期的抬升则使其成为物源区。

3) 也正因为这样,该盆地宽度较窄,剖面上也不表现为楔形。滇西北该时期的磨拉石盆地(如宝相寺组沉积盆地)则常有较大的宽度,因而盆地内的充填物以大型河流的沉积为主。景谷-镇沅盆地中尽管也发育河流相沉积,但分布有限,河流的规模也明显小得多。

再来看第 世代的盆地。作为碰撞后应力调节的重要方式,陆内走滑断裂活动普遍发生,故构成喜马拉雅运动的第 变形幕。在缅甸东部和云南西部,以实皆断裂(右行)为西界、哀牢山断裂(左行)<sup>[55]</sup>为东界的区域中新世时发生向南东的构造逸脱。构造逸脱既使深部物质发生侧向的挤出和流动



(青藏高原的地壳等厚线向东南呈舌状伸出便是说明),也使浅部地壳发生侧向位移,从而使造山带发生快速的坍塌。也正因为这样,该阶段时滇西与邻区(如有充填碱性火山岩的坍塌裂谷发育的西藏<sup>56]</sup>)明显不同的是与岩石圈拆沉作用有关的坍塌裂谷和岩浆活动不甚发育,与断裂走滑活动有关的盆地却十分发育,且有以下特点。

1) 哀牢山断裂作为逸脱地块边界的走滑断层,其活动强烈且伴有斜冲分量,在断裂带附近形成局部的挤压应力场,因而不利于盆地形成。在局部挤压应力场之外的地区,即安定—九甲断裂以西的阿墨江断裂、景东—把边江断裂、无量山—营盘山断裂、景谷—普文断裂和酒房断裂等,此时均发生了左行走滑,且因走滑断裂活动适度(水平走滑断距为 10 ~ 20 km 左右)而控制了走滑盆地的形成。

2) 走滑盆地的类型主要取决于走滑断层的形态。呈锯齿状或波状弯曲的走滑断层常控制走滑松弛盆地的发育,平面上呈豆荚状、剖面上呈负花状构造,如沿阿墨江断裂发育的大街盆地。走滑断层呈雁行斜列(或夹持在一组平行的走滑断裂之间)时则有拉分盆地发育,平面上呈菱形或 S 形、剖面上呈阶梯状,如景谷—普文断裂控制的景谷盆地。在走滑断裂与次级断裂的交接地段,断裂的走滑活动导致邻侧的地块发生旋转,形成旋转拉张盆地,平面上呈楔形或三角形、剖面上呈阶梯状或箕状,如沿酒房断裂发育的永平盆地<sup>[57]</sup>(图 2)。

3) 景谷拉分盆地的发育最清楚地记录了对哀牢山走滑活动(或称剪切造山)的响应,即景谷—普文断裂因哀牢山断裂的左行走滑而发生活动:中新世早—中期,在哀牢山断裂的强烈走滑期,拉分盆地出现,沉积记录为三号沟组;中新世中—晚期。随哀牢山—红河地区的抬升和哀牢山断裂活动的减弱而进入沉陷期,回环组是一套细粒的深湖相沉积;中新世末—上新世,哀牢山断裂停止活动,盆地萎缩并被三角洲平原沉积(大红猫村组)填满<sup>[58]</sup>。由于拉分盆地内沉积厚度大,生储盖发育好,在该盆地内已获得油气资源,这也是滇西的第三纪盆地中不多见的一例。

综上所述,景谷—镇沅地区的新第三纪走滑盆地,实际上都发生在前述陆内走滑活动的第 I 和第 II 阶段,均是哀牢山断裂的剪切造山作用耦合的盆地。沿红河断裂发育的漠沙盆地、元江盆地、逸萨盆地和南沙盆地也是走滑松弛盆地<sup>[59]</sup>,它们是哀牢山断裂停止活动后红河断裂右行走滑活动的产物。换言之,滇西地区的走滑盆地可分为两个亚世代,第

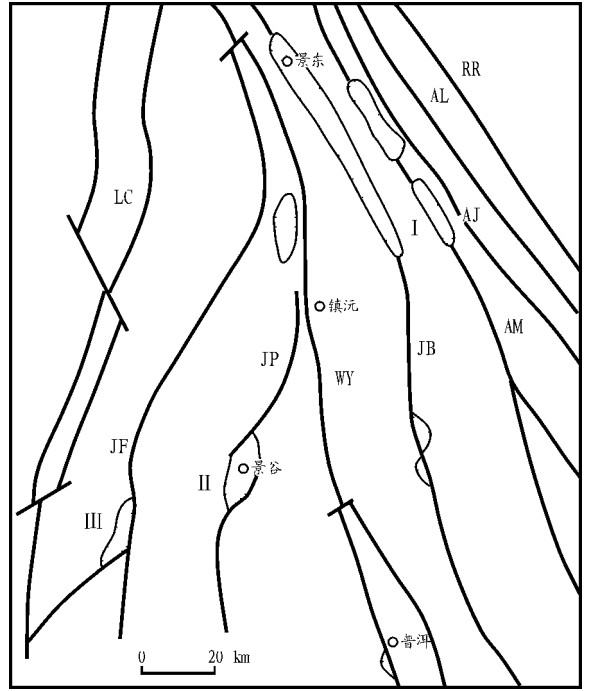


图 2 滇西南景谷—镇沅地区的晚第三纪走滑断裂和走滑盆地  
(据《云南省区域地质志》附地质图资料编)

盆地名称: . 大街; . 景谷; . 永平  
断裂名称: LC. 澜沧江; JF. 酒房; JP. 景谷—普文; WY. 无量山—营盘山;  
AL. 哀牢山; JB. 景东—把边江; RR. 红河; AJ. 安定—九甲; AM. 阿墨江

Fig. 2 The Neogene strike-slip faults and related basins in Jinggu-Zhenyuan area, Southwest Yunnan Province

二亚世代的走滑盆地相对于第一亚世代景谷—镇沅的走滑盆地,其发育地区已发生向东的迁移,因为逸脱地块的东界已由原哀牢山断裂东移到鲜水河断裂、甘洛—昭觉断裂和小江断裂<sup>[37]</sup>。还应提及滇西南腾冲上新世的火山岩盆地,发育在与断裂走滑活动有关的拉分盆地内,应与上述沿红河断裂发育的走滑盆地属同一亚世代。事实上,滇西地区上新世—第四纪初多见火山岩喷发<sup>[49, 60]</sup>,反映了岩石圈的拆沉作用。换言之,该阶段里喜马拉雅期造山带的坍塌是由岩石圈的拆沉作用和构造逸脱作用共同实现的,故两个亚世代的走滑盆地表现出不同的建造特征。

### 5 结束语

反转构造的反转点和“盆”“山”关系的切入点是“盆”“山”耦合和脱耦研究的方法学的主要内容,它应在一个活动论的构造观指导下开展,因而需要一个相应的活动论的时空观。这不仅需要以动态的发展的眼光来研究盆地发展的全过程,而且需要相应的新理论新方法(如造山带地层学、造山带古地理学



等)和研究工作程序(如构造复位、“正序”与“反序”结合以“反序”的研究为主等)来支撑。换言之,“盆”“山”耦合和脱耦研究的方法学自身应当有一整套体系,以保证反转点和切入点研究的顺利开展。

中国及邻近地区大陆的大地构造特征决定了这一地区“盆”“山”关系的复杂性,进而造成了反转点识别的困难性。因而,新一轮的盆地研究,尤其是以残留盆地内的海相沉积为油气勘探目标的盆地研究,必须基于中国及邻区大陆是经多期造山事件拼合而成的复合大陆这一认识,从解析每一次造山运动的样式、特点及与之耦合的盆地发育着手,方能取得新的突破。

中国及邻区大陆的这一大地构造特征又决定了“盆”“山”关系切入点的多样性。把造山带(造山作用)与盆地(盆地发育)当作一个统一的有机整体,既视具体的研究对象而多方位、多角度、多层次、多侧面地切入“盆”“山”关系,又强调造山作用的类型是首要的和必要的切入点,必将造成盆地研究生动活泼的局面,进而给残留海相盆地的油气勘探带来新的启示。

反转点和切入点的研究体现在盆地分析中的一个内容,是正确地划分盆地的世代更迭。因为盆地在其发育过程中有复杂的分分合合过程,今天看到的盆地内的次级单元常不反映其建造阶段的构造—古地理格局,因而盆地世代更迭的研究首先要给予时间约束(限定一个地史阶段),并厘定盆地的含义。要特别重视重大构造运动时期的盆地世代更迭,了解盆地发育的时空特点并分析其构造样式,因为它对正确地认识“盆”“山”构造的反转点至关重要,也最好地体现了“盆”“山”关系的多样性。

#### 参考文献:

- 1 吴根耀,马力.“盆”“山”耦合和脱耦:含油气盆地研究的新思路[A].见:中国石油学会石油地质专业委员会编.油气盆地研究新进展第一辑[C].北京:石油工业出版社,2002.20~36
- 2 汤良杰,金之钧,贾承造等.叠合盆地构造解析几点思考[J].石油实验地质,2001,23(3):251~255
- 3 吴根耀,马力,陈焕疆等.苏皖地块演化,苏鲁造山带形成及其耦合的盆地发育[J].大地构造与成矿学,2003,27(4):336~352
- 4 何建坤,卢华复,张庆龙等.南大巴山冲断构造及其剪切挤压动力学机制[J].高校地质学报,1997,3(4):419~428
- 5 马力,陈焕疆,甘克文等.中国南方大地构造和海相油气地质[J].北京:地质出版社,2004.865
- 6 吴根耀,王晓鹏,钟大贵等.川滇藏交界区二叠纪—早三叠世的两套弧火山岩[J].地质科学,2000,35(3):350~362
- 7 孙晓猛,吴根耀,郝福江等.秦岭—大别造山带北部中—新生代逆冲推覆构造期次及时空迁移规律[J].地质科学,2004,39(1):

- 63~76
- 8 赵宗举,朱琰,徐春华等.合肥盆地与大别—张八岭造山带的耦合关系[J].石油实验地质,2003,25(6):670~678
- 9 吴根耀,马力.试论“盆”“山”的耦合和脱耦及其运动学[J].石油实验地质,2003,25(2):99~109
- 10 吴根耀.古缝合线活化和华南中生代陆内造山运动[A].见:中国地质学会编.第31届国际地质大会中国代表团学术论文集[C].北京:地质出版社,2001.32~39
- 11 吴根耀.古深断裂活化与燕山期陆内造山运动——以川南—滇东和中扬子褶皱—冲断系为例[J].大地构造与成矿学,2001,25(3):246~253
- 12 吴根耀.燕山运动和中国大陆晚中生代的活化[J].地质科学,2002,37(4):453~461
- 13 吴根耀.造山带地层学[M].成都:四川科学技术出版社,乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2000.218
- 14 汤加富,许卫.郟庐断裂带南段并无巨大平移——来自安徽境内的证据[J].地质论评,2002,48(5):449~462
- 15 乔秀夫,张安棣.华北块体、胶辽朝块体与郟庐断裂[J].中国地质,2002,29(4):337~345
- 16 杨文采,胡振运,程振炎等.郟城—涟水综合地球物理剖面[J].地球物理学报,1999,42(2):206~217
- 17 吴根耀,陈焕疆,马力等.中国东部燕山期高原的发育及对矿产和油气资源评价的启示[J].石油实验地质,2002,24(1):3~12
- 18 薛良清.层序地层学在湖相盆地中的应用探讨[J].石油勘探与开发,1990,17(6):29~34
- 19 徐怀大.层序地层学理论用于我国断陷盆地分析中的问题[J].石油与天然气地质,1991,12(1):52~57
- 20 李思田,杨士恭.论沉积盆地的等时地层格架和基本建造单元[J].沉积学报,1992,10(4):11~22
- 21 吴根耀.构造层序地层学[J].地球科学进展,1996,11(3):310~313
- 22 顾家裕.陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J].石油勘探与开发,1995,22(4):6~10
- 23 操应长,姜在兴,夏斌等.陆相断陷湖盆T—R层序的特点及其控制因素[J].地质科学,2004,39(1):111~122
- 24 曾允孚,纪相田.天全芦山地区晚白垩世—早第三纪陆相盆地层序地层分析.矿物岩石,1992,12(4):56~73
- 25 赵玉光,丘东洲.西准噶尔山前陆盆地晚期(T—J)层序地层与油气勘探[J].新疆石油地质,1993,14(4):323~331
- 26 赵玉光,许效松.克拉通边缘前陆地动力层序地层学[J].岩相古地理,1997,17(1):1~10
- 27 Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycle, Upper Cretaceous, Western Interior, U S A [J]. SEPM Special Publication 42, 1988. 371~380
- 28 Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high resolution correlation of time and facies [J]. AAPG Methods in Exploration Series 7, 1990. 55
- 29 Brown F L, Benson Jr J M, Brink G L, et al. Sequence stratigraphy in offshore south African divergent basin [J]. AAPG Studies in Geology 41, 1995. 184
- 30 王洪亮,邓宏文.地层基准面原理在湖相储层预测中的应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):96~102

- 31 郑荣才, 彭 军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分析与等时对比[J]. 沉积学报, 2002, 21(1): 90~ 100
- 32 邓宏文, 王洪亮, 宁 宁. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~ 184
- 33 赵俊青, 纪友亮, 张世奇等. 陆相高分辨率层序界面识别的地球化学方法[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 79~ 86
- 34 Sengor A M C, Natalin B S. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis[A]. In: Yin A, Harrison T M. eds. The Tectonic Evolution of Asia [M]. Cambridge: Cambridge Univ Press, 1996. 486~ 640
- 35 吴根耀, 马 力, 钟大赉等. 滇桂交界区印支期增生弧型造山带: 兼论与造山作用耦合的盆地演化[J]. 石油实验地质, 2001, 23(1): 8~ 18
- 36 刘和甫, 夏义平, 殷进垠等. 走滑造山带与盆地耦合机制[J]. 地质学前沿, 1999, 6(3): 121~ 132
- 37 吴根耀, 马 力, 许效松等. 喜马拉雅运动: 对川滇交界区古地理重建的制约和楚雄盆地的改造[J]. 古地理学报, 2001, 3(2): 3~ 10
- 38 Dahlstrom C D A. Balanced cross section[J]. Can Jour Earth Sci, 1969, 6: 743~ 757
- 39 漆家福, 杨 桥, 王子煜. 编制盆地复原古构造图的若干问题的讨论[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413~ 424
- 40 何光玉, 卢华复, 李树新. 库车盆地秋里塔格构造带构造圈闭及油气勘探方向[J]. 地质科学, 2003, 38(4): 506~ 513
- 41 张 进, 马宗晋, 任文军. 对盆地耦合研究的新看法[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 169~ 175
- 42 McClay K R. The Mapping of Geological Structures[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 1992. 161
- 43 吴根耀. 初论造山带古地理学[J]. 地层学杂志, 2003, 27(2): 81~ 98
- 44 吴根耀, 马 力. “盆”“山”耦合和脱耦在含油气盆地分析中的应用[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 648~ 660
- 45 吴根耀. 盆地研究的活动论构造观[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 309~ 318
- 46 吴根耀. 中国滇西—泰国地区侏罗纪—第四纪盆地发育及其对比研究[J]. 地质科学, 1991, 26(4): 359~ 368
- 47 Wu G Y. Collision tectonics in the central sector of the Sanjiang Indosinides bordering Xizang (Tibet), Sichuan and Yunnan, China[A]. In: Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the Pacific[C]. Bangkok: 347~ 359
- 48 Yano T, Wu G Y, Tan M Q, et al. Tectono-sedimentary development of backarc continental basin in Yunnan, southern China[J]. Journal of SE Asian Earth Sciences, 1994, 9(1- 2): 153~ 166
- 49 吴根耀. 滇西北地区第三纪的逆冲—推覆构造[J]. 大地构造与成矿学, 1994, 18(4): 331~ 338
- 50 Wu Genyao, Sun Xiaomeng, Zhong Dalai. Structural Geology of the Central Sector of the Hengduan Mountains[M]. Beijing: Geological Publ House, 1996. 40
- 51 季建清, 钟大赉, 张连生. 滇西南新生代走滑断裂运动学、年代学及对青藏高原东南部块体运动的意义[J]. 地质科学, 2000, 35(3): 336~ 349
- 52 杨振德. 云南临沧花岗岩的冲断叠瓦构造与推覆构造[J]. 地质科学, 1996, 31(2): 130~ 139
- 53 刘善印, 钟大赉, 吴根耀. 滇西南景谷—镇沅地区早第三纪陆—陆碰撞期走滑挤压盆地[J]. 地质科学, 1998, 33(1): 1~ 8
- 54 Wu Genyao, Yano T, Inomata M. Yanshanian orogenics in South China: a relation to Neotethyan evolution[J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 7(1): 1~ 10
- 55 吴海威, 张连生, 嵇少丞. 红河—哀牢山断裂——一条喜山期大型陆内左行走滑剪切带[J]. 地质科学, 1989, 24(1): 1~ 8
- 56 Chung S-L, Lo G-H, Lee T-Y, et al. Diachronous uplift of the Tibetan plateau starting 40 Myr ago[J]. Nature, 1998, 394: 769~ 773
- 57 Liu Shanyin, Wu Genyao, Zhong Dalai. Tectono-sedimentary development of Jinggu pull-apart basin in southwestern Yunnan, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1996, 5(1): 17~ 24
- 58 Liu S Y, Wu G Y, Zhong D L. Pull-apart basins as a response to post-collisional shearing tectonics: an example from Jinggu, southwestern Yunnan, China[A]. In: Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the Pacific[C]. Bangkok. 361~ 367
- 59 王晓鹏, 吴根耀, 钟大赉. 受红河断裂控制的晚第三纪走滑松弛盆地——以漠沙盆地为例[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 370~ 379
- 60 吴根耀. 中缅泰交界区的断裂及其新构造活动方式[J]. 第四纪研究, 1991, 11(1): 28~ 37

## AN APPROACH TO THE STUDY OF INVERSION POINTS AND TANGENCY-IN POINTS FOR OROGENY AND COUPLED/ DECOUPLED BASIN DEVELOPMENT

Wu Genyao<sup>1</sup>, Ma Li<sup>2</sup>

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2. Jiangsu Oilfield, SINOPEC, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

(to be continued on page 24)

ling-Quaternary ep+pull-apart period. Each period had its own apparently different characteristics. Although the scale of the basin is small, there are better oil source rocks and the conditions of reservoirs and cover rocks. The main problem about influencing oil-gas formation is that the degree of thermal evolution is lower. The thermal evolution of the Baise Basin was modelled based on vitrinite reflectance  $R_o$ , apatite fission tracks and fluid inclusions. The modelling results showed that the gradient of thermal evolution was lower. The Nadu Formation is the only oil-generating strata with low maturity. The oil-generating strata of the rest formations are not mature. The basic characteristics of thermal evolution in the basin were that paleotemperature increased with the subsidence and sedimentation of the Tiandong Depression from 55 Ma ago first, and achieved the highest during 25–30 Ma ago, then decreased gradually with the slow lifting of the crust. The low thermal evolution of the basin is one of the most important factors resulting in poor prospective oil-gas.

**Key words:** tectonic evolution; thermal evolution; the Baise Basin; Guangxi province

---

*(continued from page 17)*

**Abstract:** The study of orogeny and coupled/decoupled basin development regarded orogeny and basin development as a whole and explored a uniform kinematic process and geodynamic mechanics between the both. The key of methodology for the study was to grasp, correctly and practically, inversion points and tangency-in points, the former representing obvious changes of tectonic patterns or styles, and the latter constituting a key link connecting basins with orogeny. For the inversion points, we should, first of all, understand the essential problems of orogeny and coupled/decoupled basin development in a given regional framework. In addition, the tectonic features of Chinese continent decided the difficulties and complexities of discerning inversion points, which supported, in turn, a wide platform for the study of tangency-in points. The tangency-in points might be decided by a poly-direction, poly-visual angle, poly-level and poly-aspect means, in which the orogenic types and structural styles should be the first important and necessary one. As the road one must take for the study of inversion points and tangency-in points, a combination of “normal succession” and “reversal succession” was emphasized, with stress on the study of “reversal succession”. Namely, regional evolution and basin development should be worked from the ancient to the present, and the oil-gas accumulation analysed from the young structural layers to the older ones. The paper introduced some experiences to compile some profiles, perpendicular to the regional tectonic strike, across both an orogen and neighbouring basins. With the inversion points and tangency-in points being embodied in the basin research, the alternation of basin generations as well as tectonic patterns and structural styles in each generation should be correctly distinguished, particularly, to distinguish the basin generations changed in the periods of main tectono-thermal events. The prerequisite for understanding basin generations was to constrain a geohistorical phase and to stipulate a basin definition. The advances in the study of inversion points and tangency-in points for orogeny and coupled/decoupled basin development must open up a new prospect of the basin research, and then draw a new inspiration in the oil-gas exploration of relict marine basins.

**Key words:** inversion point; tangency-in point; study of “reversal succession”; alternation of basin generations; orogeny and coupled/decoupled basin development