文章编号: 1671-1505 (2007) 06-0635-16

──重建区域构造古地理学

吴根耀

中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029

摘 要 以活动论构造观为指导,尽可能客观地复原地史期间海陆面貌和盆山格局的关键是在给定时间约束之后,于研究区现存的地质记录中发现业已消失了的和后期才出现的构造古地理单元。文章基于大量实例论述了可能导致构造古地理单元消失和后期出现的各种情况,如大陆地块的解体、沉没、俯冲、剥蚀、冲断一推(滑)覆作用、走滑作用、碎裂和被卷入年轻造山带等,特别提出东亚大陆边缘地区自侏罗纪末开始的移置地体拼贴增生是该区的一大特点。构造古地理单元消失和后期出现的发生大都与巨型断裂带(尤其是作为构造边界的巨型断裂带)发育有关。陆内阶段的断裂带活动对盆山格局的变化、盆地发育、沉积演化及其关键地质事件有明显的控制作用,还应注意断裂带解体阶段出现的新生构造对古地理重建的制约。简言之,造山带古地理学的发展是推动构造古地理学前进的关键之一,在恢复古特提斯多岛洋的构造古地理面貌、重建全球古大陆演化

关键词 造山带古地理学 构造古地理单元 盆山格局 古地理重建

作者简介 吴根耀,男,1946年生,1968年毕业于北京大学地质学系,1978年师从张文佑教授,1985年获 理学博士学位,大地构造专业。

中图分类号: P531 文献标识码: A

Orogen-palaeogeography: Some considerations on reconstruction of regional tectonopalaeogeography

Wu Genyao

Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Abstract Orogen-palaeogeography is a main branch of tectonopalaeogeography. From a tectonic perspective of mobilism, it studies palaeogeographic reconstruction in orogenic areas, where the geological records have become timely unsuccessional and displaced, distorted even mixed spatially. The key to reconstruct marine-continental features and basin-range patterns in geohistory as objectively as possible is to find, within a given time constraint, the "disappeared" tectonopalaeogeographic units and the later "appeared" tectonopalaeogeographic units in the existed geological records of the studied area. Based on a large number of examples, the paper expounds various possibilities, such as continent crustal disintegration, submergence, subduction, erosion, thrusting-nappe structuring, strike-slipping, cataclasm, being evolved into younger orogenesis, etc., which might result in the "disappearance" and "appearance" of the tectonopalaeogeographic units in the study area. Specially, the East Asia continental margin is characterized by accretion

收稿日期: 2007-06-25 改回日期: 2007-08-30

of a series of moving allochthonous tectonostratigraphic terranes, which has been taking place since Late Jurassic. The occurrence of disappearance and later appearance is generally related to the development of large-scale fracture zones, especially tectonic boundary fractures. The activities of intracontinental fracture zones obviously controlled the basin-range patterns, basin development, sedimentary evolution and key geological events. In addition, it should be noticed that the neogenic structures, formed in the segmentation stage of fracture zone, constrained the palaeogeographic reconstruction. In short words, orogen-palaeogeography must be one of the key means to advance tectonopalaeogeography a positive role in restoring palaeogeographic features of the Tethyan archipelago, and reconstructing cycles of the global palaeo-continental evolution, especially regional evolution of the orogenic areas or areas reformed by orogenies.

Key words orogen-palaeogeography, tectonopalaeogeographic unit, basin-range pattern, palaeogeographic reconstruction

About the author Wu Genyao, born in 1946, graduated from the Department of Geology, Peking University in 1968. He obtained his Ph. D. degree in 1985. Now he is engaged in architectonics.

造山带古地理学是在造山带地区或经受过造山 运动改造的地区开展古地理研究的理论和方法 (吴根耀, 2003)。笔者曾探讨过它在盆地的构造 古地理重建中的应用,强调以发展的、动态演化的 思路来研究盆地,指出在盆地的建造过程中,其内 部隆起的时起时伏和盆地间的时分时合均十分常见 (吴根耀, 2005)。本文试图遵循盆地分析中"原 地的古地理重建与非原地的古地理重建相结合且以 后者为主"的原则,由对盆地这样一个构造古地 理单元的研究发展为对若干个构造古地理单元之间 关系的研究。事实上,现今的构造古地理面貌与地 史期间的面貌相比已发生了巨大的变化;用造山带 古地理学来重建区域的构造古地理演化,尽可能客 观地复原地史期间的海陆面貌和盆山格局的关键, 是给定时间约束后,在现存区域地质记录的蛛丝马 迹中发现其"失序"和"残破"的特点。作者从 寻找"消失"了的构造古地理单元、发现后期 "出现"的构造古地理单元和断裂活动对古地理重 建的制约3个方面,探讨造山带古地理学在用活动 论构造观指导区域构造古地理重建中的作用。

1 消失了的构造古地理单元

地史期间的大陆地块及其大陆边缘地区可因下 列事件而消失或部分地消失。

1.1 解体

克拉通地区因大陆裂谷作用造成大陆地壳解 体,直至有新生洋盆发生,分别以东非裂谷、红海 和大西洋为代表。进入大洋阶段后,尽管因洋壳的 消减使大陆边缘地区卷入俯冲型造山运动,但局部 地区仍因弧后盆地的扩张而使大陆地壳解体。造山 带地区因岩石圈的拆沉作用而有坍塌裂谷发育,并 可迅速发展为新生的小洋盆。亚平宁半岛以西的第 勒尼安海是阿尔卑斯造山带(碰撞始自距今38 Ma)发生坍塌的产物,中新世托尔通期出现海盆, 上新世赞克尔期有新生洋壳形成(Channell and Mareschal, 1989; Dewey et al., 1989)。沿亚平宁 半岛的西海岸发育 1条长约 350 km 的火山岩带, 以富钾的玄武岩和橄榄安粗岩为主(Santacroce, 1987),未见钙碱性系列的岩浆活动,说明因岩石 圈的拆沉作用浅部地壳仍在发生张裂和解体。

1.2 沉没

大陆地区的沉没常伴随大陆地壳的解体而发 生,但构造进程相对平静而缓慢,因而地质记录相 对保存较好。沉没也可能由非构造的原因引起,如 全球海平面上升。中国的东部和南部海区普遍可见 到新近纪内的大陆沉没现象。如南黄海盆地,它原 是苏皖地块的一部分。苏皖地块尽管被卷入了燕山 期的造山运动,但因造山带快速的坍塌和遭受强烈 的剥蚀,苏北地区古新统阜宁组的第2段和第4段 中已见有海相的沉积夹层(吴根耀等,2002a)。 苏皖地块因晚白垩世一古近纪的差异升降运动而分 异为苏北盆地和苏南隆起,新近纪内"南隆北陷" 的格局进一步加强,伴以大面积的基性火山岩喷 发。更新世的海侵则使原苏皖地块东部的大片地区 没人水下,南黄海形成(吴根耀等,2002b)。北 黄海地区新生代的演化和沉没过程大致与南黄海相同,在钻井中见到了华北克拉通缺失的中一上奥陶统、中一上泥盆统及下石炭统(肖国林等,2005),表明它是沉没了的胶辽克拉通的南部地区。

东海的西部海域是大陆架盆地,可分为西部凹 陷带和东部凹陷带(高德章等,2006)。王毅等 (2000)曾提出大陆架盆地的发育经历了晚白垩— 古新世的裂陷、始新—渐新世的拗陷和中新世以来 的区域沉降3大阶段。中新世以来的区域沉降受制 于琉球岛弧的弧后地区的伸展:东海的东部因大陆 地壳的逐步解体而有冲绳海槽弧后盆地发育,西部 则是原大陆区沉没水下。

在南海海域的北部(如珠江口盆地和台湾西 南盆地等)和西部(越南的藩切一藩朗东南的海 域),大面积发育的中、上侏罗统杂色细砂岩为陆 相沉积,表明已是华南大陆的一部分;下白垩统为 海相和海陆交互相的灰岩及碎屑岩(邱燕和温宁, 2004),说明晚臼垩世海侵应与晚白垩世南海地区 的扩张有关。现普遍认为晚白垩世以来南海地区已 发生过3次扩张事件,以第2次(渐新世--早中新 世, 距今 32—17 Ma) 发生在南海中央海盆的扩张 最为强烈和重要,它导致了新生洋壳出现(龚再 升,1997;吕炳全等,2002)。南海不同于东海, 它不仅已有新生洋壳出现,原大陆地壳已大面积遭 受解体,而且距今15 Ma以来它已沿马尼拉海沟向 菲律宾海板块之下消减,发生俯冲型和陆-弧碰撞 型的造山活动(丁巍伟等,2006)。南海提供了一 个大陆地壳解体(在中央海盆区)和大陆沉没空 间上并存、时间序列上则两者交互发生的实例。

地史期间也不乏伴随大陆边缘的解体发生规模 不等的陆块沉没的实例。如川西一滇西北地区,晚 三叠世因大陆地壳解体而形成甘孜一理塘洋。其 西,夹持在甘孜一理塘洋与金沙江洋之间的原称德 格一中甸微板块,出现碳酸盐岩台地与深水断陷盆 地并存的构造古地理格局(冯庆来等,2002);其 东,夹持在甘孜一理塘洋与阿尼玛卿洋之间,则残 留了一个三角形的大陆地块,它在震旦纪至古生代 一直是扬子克拉通的一部分,Wu(1997)称之阿 坝地块。换言之,在川西广为发育的古特提斯造山 带中存在隐伏的大陆块体。

1.3 俯冲

陆松年等(2004)曾提出,东秦岭商(县)-

丹(凤)地区(商丹缝合线北侧)具中元古代晚 期武关群裂谷型建造,中元古代末期松树沟蛇绿岩 和新元古代早期同造山期花岗岩可认为该地中元古 代一新元古代初曾发生过消减一碰撞事件。松树沟 洋盆以南的大陆地块是扬子克拉通,该洋盆以北的 构造古地理单元,陆松年等(2004)认为不是华 北克拉通而是曾属扬子克拉通大陆边缘的北秦岭变 质地体。作者认为松树沟洋盆以北一度存在的大陆 块体,已在秦岭造山带演化的多次构造事件中因俯 冲而消失了(当然可能还有本节中所述的其他原 因)。即使能保存到今天的大陆地块,在地史期间 也是经历过多次俯冲的,且因俯冲经历的时间长 短、速度和角度等不同,造成的消失量可能因地而 异。如扬子克拉通,因它与华北克拉通的碰撞发生 在两者均向北漂移且前者顺时针旋转、后者逆时针 旋转的背景下(吴汉宁等, 1990),秦岭洋的闭合 明显有东早西晚之势(孙晓猛等, 2004)。无论是 印支期的陆一陆碰撞还是燕山期的陆内造山,扬子 克拉通俯冲于华北克拉通之下,都是东早西晚的穿 时过程,因而较西部而言,扬子克拉通的东部可能 有更多的大陆地壳因俯冲而消失了。

1.4 增生后的改造

洋盆闭合时消减掉的只是洋壳,洋盆内大小不 等的陆壳残块、洋岛一海山及大陆边缘的沉积在洋 壳消减时被刮削下来增生或仰冲到活动大陆边缘一 侧的大陆上。这些增生或仰冲上来的单元,由于后 期与该大陆一起经历了相同的变形变质事件而可能 被当成该大陆的一部分。在构造反转地区进行古地 理重建的关键一步,是把反转了的构造先反转过来 即先打开一个洋盆,然后把这些大小不等的陆壳残 块、洋岛一海山等再"放回"洋盆中去,原洋盆 的多岛洋面貌才能得以恢复。

1.5 剥蚀

大别造山带地区提供了一个地史期间的构造古 地理单元被完全剥蚀掉的实例。李任伟等(1999) 对合肥盆地下白垩统凤凰台组中大理岩砾石的 C、 O同位素和凤凰台一周公山组中碎屑石榴石类型的 研究发现它们明显不同于现存的大别地块变质岩, 因而推测它来源于一个已被剥蚀掉的构造单元。李 忠等(2001)测得凤凰台组底部花岗岩砾石的年 龄为428 ± 20 Ma,相应的早古生代花岗岩的源岩 至今未在大别造山带发现,说明它们已被剥蚀殆 尽。李双应等(2005)在恢复大别造山带的折返 剥露历史时提出:曾经有过一个超高压变质岩组成 的构造地层单元,在早白垩世之前(距今135 Ma) 折返到地表,并遭受完全剥露和消失。现称为大别 杂岩的超高压变质岩和岩浆岩,是新生代里折返并 出露地表的,故在大别造山带广泛分布。

更常见的情况是地史时期的一个构造古地理单 元的不同地区遭受了不同程度的剥蚀。以川滇黔三 省广为发育的二叠纪峨眉山玄武岩为例,代表岩浆 分异最后阶段的碱性火山岩,目前只见于滇东的东 川地区。其西的川南攀枝花市,因较强烈的隆升剥 蚀,相应碱性火山岩的深成侵入岩(正长岩等) 已出露地表;该地玄武岩喷发后的最年轻沉积为上 三叠统,因而被剥蚀掉的玄武岩未能得到较好的就 地保存。更西的滇西北地区,下三叠统腊美组底砾 岩内有大量峨眉山玄武岩的砾石,包括碱性火山 岩、酸性火山岩和凝灰岩等未被记录在附近的峨眉 山玄武岩地层柱内的岩石。

1.6 因冲断一推(滑)覆作用而位移

推覆或滑覆作用有时可达上百千米的距离,被 推覆或滑覆的岩片似乎在研究区内消失了。如川西 至川滇交界区,前寒武纪早期有较好的出露,可分 为3大构造层,自下而上为:片麻岩基底、绿岩带 建造(属表壳岩的火山一沉积建造)和属稳定台 地型的砂岩一灰岩沉积。在川西的锦屏山区,可见 属绿岩带的火山地层作为一个冲断岩片夹在三叠系 中(吴根耀等,1988),说明部分前寒武纪早期已 发生了向西的冲断(图1)。在滇中的广大区域内 未见绿岩带建造和属稳定台地型的砂岩一灰岩沉 积,但在滇西的点苍山脉,山脊及西坡出露绿岩带 的岩石,东坡则由稳定地台型的砂岩一灰岩组成, 它们分别保存在两个冲断岩片中(吴根耀, 2006a),说明滇中地区在前寒武纪早期已普遍发生 了向西的冲断一推覆(图1)。

1.7 大规模的走滑作用

走滑作用把一个构造古地理单元(或其一部 分) 错移到几百千米以外,被错移的部分似乎也 在研究区内消失了。滇南金平地区奥陶纪一三叠纪 的沉积地层和生物群、峨眉山玄武岩的喷发旋回和 岩石化学性质及区域含矿性等,可与滇西北的丽江 一大理地区较好对比,古新世的碱性岩也可与滇西 北对比(吴根耀,1993),说明金平块体原位于丽 江一大理以西,因哀牢山断裂的左行走滑活动而被 错移到现在的位置(图1),水平断距约450 km。 Chung et al. (1997)据越南西北部的二叠一三叠纪 火山岩和古近纪晚期高钾的基性岩浆岩可与滇西北 对比而认为哀牢山断裂的左行水平断距可达600 km。中国境内这种延伸长度大、水平断距大的走 滑断裂特别发育,因而应特别注意它们发育的各个 阶段在重建区域构造古地理演化中的意义。



图 1 云南中一西部和四川南部的一些变质岩 和二叠纪玄武岩(部分)的分布

Fig. 1 Distribution of some metamorphic rocks and Permian basalts in central-western Yunnan and southern Sichuan
1-前寒武纪 TTG 岩套和绿岩带; 2-哀牢山群; 3-崇山群; 4澜沧群; 5-大勐龙群; 6-惠民的火山岩; 7-粟义的火山岩; 8-二叠纪玄武岩(部分); 9-湖泊; 10-河流; 11-城镇

1.8 碎裂

一个构造古地理单元可能在后期碎裂成几块, 被位移到不同的地方保存下来,并因出露地表的时 间不同而遭受不同程度的剥蚀。如滇西思茅盆地周 缘出露的变质岩系,曾被称作崇山群、哀牢山群、 大勐龙群和澜沧群(图1)。原称澜沧群惠民组的 火山岩包括了两套不同时代和不同构造背景下的火 山岩:古元古一中元古代的钙碱性岩系和新元古代 的属跨式 A 型趋势的碱性玄武岩(翟明国等, 1990a),分别称惠民火山岩和粟义火山岩;前者与 大勐龙群、哀牢山群和崇山群中的变质火山岩有大 致相同的原岩形成时代和火山建造类型,经历了一 致的变质事件(翟明国等,1990b)。实际上,它 们都是思茅地块的基底岩石,在墨江洋盆向西消减

致相同的原岩形成时代和火山建造类型,经历了一 致的变质事件(翟明国等,1990b)。实际上,它 们都是思茅地块的基底岩石,在墨江洋盆向西消减 于思茅地块之下时,一部分思茅地块的基底发生由 西向东的仰冲,后因哀牢山断裂新生代的走滑一斜 冲作用而出露地表,即哀牢山群;另一部分思茅地 块的基底在昌宁一孟连洋盆向东消减于思茅地块之 下时则发生自东向西的仰冲,之后在印支期的陆一 陆碰撞中进一步遭受改造。其中,推覆于澜沧片岩 之上并被中侏罗统不整合覆盖的称惠民火山岩,被 澜沧江断裂的走滑活动后期错开的分别称大勐龙群 (惠民火山岩之南)和崇山群(惠民火山以北)。 即:思茅地块的基底岩石已被卷入印支造山作用而 四分五裂了。

1.9 构造古地理单元部分卷入后期造山带

这是与思茅地块的基底岩石不同的另一种情 况:其主体构造古地理单元保存至今,但其边缘部 分现已成为年轻造山带的一部分,故范围已不同程 度地缩小。塔里木盆地塔中隆起的前身是晋宁期造 山带,晚古生代一中生代基本处于隆起状态。其西 段称巴楚隆起,以发育南北向断裂为特征,向北延 入到柯坪冲断带,后者除发育近南北向断裂外还发 育大量的东西向冲断层。详细的构造定年工作表 明:近南北向构造主要形成于中新世;东西向冲断 层形成于上新一更新世(肖安成等, 2005), 与南 天山再度崛起(汪新等, 2001)的时间一致。柯 坪地区大面积缺失上古生界和中生界的事实,说明 它直至中新世仍是塔中隆起的一部分, 上新一更新 世被卷入南天山造山带。塔中隆起因前寒武纪和早 古生代岩浆活动十分发育而成为重、磁异常带,向 东延入阿尔金山,说明原塔中隆起的范围应包括阿 尔金山的一部分,因新生代内阿尔金断裂的走滑一 斜冲活动(柳祖汉等, 2006)而东段的部分地区 被卷入了阿尔金造山带。

2 后期出现的构造古地理单元

与上节论述的情况相反,某些构造古地理单元 可能是后期才进入研究区的,因而寻找消失了的构 造古地理单元和发现后期出现的构造古地理单元是 在尽可能客观地复原地史期间的海陆面貌和盆山格 局时都不可忽视的两个方面。可能在后期出现新的 构造古地理单元的构造作用有如下5个方面。

2.1 冲断一推(滑)覆作用

因推覆或滑覆而造成研究区内后期出现新的构 造古地理单元可能是最常见的。要正确和客观地重 建构造古地理,首先需确认不同的沉积相带或不同 的沉积单元之间的接触关系。如中国西部三江 (金沙江、澜沧江和怒江) 古特提斯造山带的典型 地区滇西南昌宁一孟连,原建的上古生界序列为: 中一上泥盆统硅质岩及砂页岩、下石炭统火山岩和 中一上石炭统碳酸盐岩,三者间为连续沉积。事实 上,孟连的火山岩是大洋地壳的记录,即使时代无 误(早石炭世),与上覆富含化石的浅水碳酸盐岩 间也不可能是连续堆积; 澜沧老厂矿区的火山岩时 代为晚二叠--早三叠世,与中--上石炭统的碳酸盐 岩间只能是构造接触; 孟连的硅质岩是一系列不同 时代的岩片因冲断而叠置,澜沧老厂的硅质岩时代 为二叠纪,与老厂的火山岩间为构造接触。该地的 构造面貌能得以重新认识并成为古特提斯造山带研 究的一个成功实例,首先是因为在野外识别出了一 系列低角度的推覆面,并厘定了自西向东和自东向 西的相向推覆造成岩片间叉指状地交互叠覆----互 冲构造。除代表大洋地壳的玄武岩外, 该地还发育 洋岛玄武岩 (如老厂的火山岩), 其上沉积有远洋 的浅水碳酸盐岩。在区域古地理重建时,应先打开 一个洋盆并把它们"放"回去。

在一个推(滑)覆构造强烈发育的地区或有 多期推(滑)覆构造发育的地区,应特别注意现 存的一个地质单位是否为地史期间的不同单元因推 (滑)覆而拼凑出来的一个"沉积物拼盘",还应 特别注意现今的隆起(或凸起)是否在盆地建造 阶段即已存在。滇中地区常被当作扬子克拉通的一 部分,实际上已卷入了喜马拉雅期的弧后前陆褶皱 冲断带,喜马拉雅期的3期重大变形都有明显反映 (吴根耀等,2001)。现作为楚雄盆地西部坳陷的 次级构造单元西部冲断带、平川凸起和乌龙口斜坡 的东部,中生代并不位于楚雄地区,不属于楚雄盆 地,因而楚雄盆地实际上是一个沉积物拼盘;此 外,现作为一级构造单位的元谋隆起(分开了西 部坳陷和东部坳陷)和两个坳陷中的次凸起,几 乎都是在喜马拉雅运动中定形的,对侏罗一白垩纪 的沉积不起控制作用(吴根耀,2005)。

2.2 大规模的走滑作用

由于构造逸脱是造山后地壳达到新的重力均衡 的手段,剪切走滑常是挤压后应力调整的重要方 式,故造山期和造山期后都有大规模的走滑活动发 生,冲断层活动后期也常伴有走滑分量,使因走滑 活动和因冲断一推(滑)覆作用而在研究区内出现 的构造古地理单元形影相随,如上述原滇西北地区 的奥陶—三叠系和峨眉山玄武岩被错移至滇西南的 金平,即是为哀牢山断裂的大规模左行走滑控制的。

在构造古地理重建中遇到大规模的走滑断裂时 还应特别注意以下两点。

1) 伴随走滑活动常发生上盘的斜冲或斜落, 因而要考虑走滑断层的垂直断距,延伸达数千千米 的走滑断层可能有相当可观的垂直断距, 使断层两 侧的地层或岩石有明显差异,并导致基底变质岩系 出露地表。如前述的滇西哀牢山断裂,其上盘的哀 牢山变质带中的变质岩是中新世早、中期因哀牢山 断裂巨大的左行走滑伴有斜向的冲断而出露地表的 (季建清等, 2000; 吴根耀, 2003)。北延至大理 一丽江—维西地区,因北西向断层的斜冲(或冲 断)作用还使下列变质岩在后期出露地表(吴根 耀, 2003, 图 2): a. 大理以西的点苍山变质带, 绿片岩相的变质沉积岩是早白垩世晚期出露地表 的;角闪岩相的变质火山一沉积岩则是晚始新世一 渐新世出露地表的; b. 丽江以西的石鼓片岩是始 新世出露地表的; c. 维西以西的雪龙山变质带, 目前仅在更新统内发现其砾石,说明它在更新世才 出露地表。在进行古地理重建时,既不要把这些变 质带(岩)当成古生代陆表海中的古岛,也不要 把它们视为中生代红色沉积的物源区。

2)走滑断裂巨大的走滑位移量可被不同的变 形方式吸收掉,如分岔为一组断距相对较小的走滑 断层,或被与之高角度相交的逆冲断裂带的冲断活 动吸收等。因而,走滑断裂带两侧的岩石(或岩 石组合)沿断裂走向会很快发生改变。巨大的走



图 2 滇西北地区新近纪断裂 (据 Wu Genyao et al., 1996)

Fig. 2 Neogene fractures in northwestern Yunnan area

(after Wu Genyao et al., 1996)

1一变质带;2—上新一更新世走滑断层;3—湖泊;4—山峰及标高;5—河流;6—地名。变质带名称:I—哀牢山;Ⅱ—点苍山; Ⅲ—雪龙山;Ⅳ—德钦;V—石鼓。断裂名称:F₁—红河;F₂— 哀牢山;F₃—安定—九甲;F₄—阿墨江;F₅—程海;F₆—鹤庆;
F₇—丽江;F₈—剑川;F₉—洱海;F₁₀—点苍山东麓;F₁₁—点苍 山西麓;F₁₂—西洱海;F₁₃—尼西;F₁₄—金沙江;F₁₅—维西 —乔后;F₁₆—云岭;F₁₇—德钦—雪龙山;F₁₈—澜沧江

滑断裂各段常有不同的活动方式,如阿尔金断裂西段(柴达木盆地的西界)新生代内总体以走滑为主(柳祖汉等,2006),中段祁连山以挤压变形为主(包括冲断及相伴的褶皱。刘志宏等,2005), 东段(甘肃境内的红柳峡一花海地区)则走滑兼 有逆冲,并因派生出次级的走滑断层和逆冲断层而 在其南侧出现一系列透境状的构造块体(何光玉 等,2007),这同样可造成沿断裂走向岩石的急剧 变化。在进行古地理再造时,切不可仅据现存岩石 的岩性、岩相变化来恢复当时的沉积相带展布。

2.3 折返作用

折返作用可使俯冲到深部的岩石折回到地壳浅 部甚至在地表剥露。在苏鲁造山带,高压一超高压 变质岩的原岩主要为基性一超基性岩且具蛇绿岩的 地球化学性质,应为消减到深部的苏鲁洋的大洋地 壳折返到了地表。大别造山带的情况可能不同。早 白垩世之前曾有一个超高压变质岩组成的构造地层 单位折返到地表,并因长期的剥蚀而已在该地消 失。现构成大别山的主要是被称为大别杂岩的变质 岩和岩浆岩,包括深灰色片麻岩套、浅灰色片麻岩 套、表壳岩、古老侵入岩及基性--超基性岩,含超 高压变质岩。对片麻岩的研究表明它们经受了晋宁 期的热事件, 应属扬子克拉通的北缘 (吴元保等, 2001)。换言之,大别山地区可能经历了两期俯冲 和折返事件,早期是消减的大别洋壳岩石的折返, 但它折返到地表后已被剥蚀掉;继大别洋盆闭合后 扬子克拉通的北缘地区俯冲到深部, 经受高压一超 高压变质作用,在新生代折返至地表(李双应等, 2005)。由之得到的启示是:尽管它由基底岩石和 古老侵入岩构成,但它新生代才出现在该地区,之 前它只是扬子克拉通的一部分。

2.4 冲断、拆离、岩浆底辟、热隆升及相伴的褶皱活动等

在碰撞造山带的核部或陆内造山带的根带,常 见前震旦纪变质岩。如大别造山带以西的秦岭造山 带、祁连造山带直至昆仑造山带,都常见有变质岩 组成的构造单元出露并常被当成造山带里的中间地 块或微地块。由于特提斯洋盆(域)是内部结构 十分复杂的开阔多岛洋,洋盆(域)内确有大小 不等的陆壳残块发育。现洋盆已闭合并反转为造山 带,要说明造山带内的这些陆壳残块当时确实是洋 盆(域)里的中间地块或陆岛,必须找出它们与 洋盆同步演化的证据。反过来,只有先正确地区分 这些变质岩块是原在特提斯洋域内存在的还是洋盆 闭合后才出现在造山带里的,才能正确地再造威尔 逊旋回各阶段洋盆(域)的构造古地理面貌。

在重建区域构造古地理演化之前要先进行构造 复位。在古隆起区中发现一片海相沉积并不等于当 时一定有海盆,在浅海相沉积区发现一条深水沉积 并不等于当时一定有海槽,因为后者可能只是推覆 体。同样,变质岩并不意味着它是地史期间的古陆 或古岛,因为它可能在上新世或更新世才出露地 表;造山带中的陆壳残块不一定意味着是洋盆里的 中间地块,因为它可能是在碰撞后的剪切变形或更 晚期的陆内造山阶段的产物。换言之,通过由近及 远的反序研究,经构造复位发现后期出现的构造古 地理单元,乃是正确地、尽可能客观地进行非原地 的构造古地理重建的关键一步(吴根耀,2005)。

2.5 东亚大陆边缘的移置地体

地体是 20 世纪 70 年代开始为描述环太平洋地 区独特的地质现象而提出的一个术语。从 Monger 和 Ross(1971)在加拿大科迪勒拉山的二叠系中 发现完全不同于落基山区和北美中部的特提斯域蜷 化石,到 Jones 等(1977)研究的 Wrangellia 地体 成为远距离异地成因地体的实例,再到 Howell (1989)发展为地体学(terraneology),地体都被 定义为:一个记载了独特地质历史的、以断层为边 界的地层集合体,它在各个方面与邻区的地质历史 没有相似之处。换言之,地体尽管规模上可能与微 大陆或地块相当,但两者本质的不同在于:地体是 移置的或外来的,它在"远涉重洋"后才出现在 研究区中,因而它与研究区内的其他构造古地理单 元有着明显不同的物质组成和演化史。

邵济安等(1995)识别了东北亚地区侏罗纪 末以来增生在亚洲大陆(雏形)边缘的一系列移 置地体,详细介绍了各地体的建造,论证了其拼贴 时代。近年的研究表明,在北自鄂霍次克海、南至 加里曼丹的东亚大陆边缘的广大地区内,都可见到 这些拼贴增生在亚洲大陆(雏形)上的移置地体 (尽管有些地体因南海等的张开现已远离亚洲大陆 本体)^①(图 3)。环太平洋地区移置地体的提出, 彻底地打破了传统的地槽原地褶皱回返的观念,不

① 吴根耀, 矢野孝雄. 2007. 东亚大陆边缘地区的构造格架和中一新生代演化

仅确认了大规模水平运动的存在,而且提供了后期 出现新的构造古地理单元的大量实例,这是在这一 地区重建区域构造古地理演化时应特别注意的。

3 断裂活动对古地理重建的制约

中国及邻区大陆是由一系列不同起源的微大陆 和地块经多期碰撞一增生而形成的复合大陆。该地 不乏以千千米为数量级的巨型断裂带,其演化常经 历了断裂带形成、断裂带发育和断裂带解体3大阶 段。其形成阶段(或说其前身)常是若干条边界 断裂,如前白垩纪的古郯庐断裂带(侯明金等, 2004),控制了上文所说的解体、俯冲、碎裂、增 生等事件发生。成为陆内断裂后仍有着强烈而复杂 的活动,即使不造成上述构造古地理单元消失和后 期出现的情况,也对古地理格局的形成和演化有明 显的制约。以下试从5个方面进行探讨。

3.1 断裂活动与盆山格局的改变

现今的盆山格局,实际上是最年轻的一次重大 构造事件塑造的,并不反映更早的地史阶段的情况。以中国东北部现存的盆地为例(图4),北东 向构造对盆地发育的控制表现在以下方面:1)北 东向的大兴安岭隆起分隔了其西的海拉尔盆地、二 连盆地与其东的松辽盆地;2)沉积盆地的边界断 裂和盆内断裂均为北东向;3)火山(沉积)盆地 的发育明显受北东向断裂控制;4)上述的沉积盆 地早期为断陷盆地(胡望水等,2005),大杨树盆 地则属大兴安岭隆起上的次级纵张构造;5)敦化 一密山断裂尽管当时未发生伸展(仍处于挤压状 态),但其两侧沿断裂有小盆地发育。

这一北东向构造是早白垩世在亚洲大陆雏形东 部出现的新生构造(吴根耀,2006b);或者说, 上述盆山格局直至早白垩世才出现。

中国中、东部地区发生的燕山运动属陆内的造 山运动,兴一蒙造山带地区原北东东一近东西向的 4条缝合线均活化并控制了陆内造山的前陆磨拉石 盆地发育,自南向北依次为燕山一阴山盆地、二连 盆地、海拉尔盆地和漠河盆地,即:侏罗纪盆地发 育继承了海西期的构造线方向,其向东延伸并未受 制于北东向的大兴安岭隆起。以二连盆地为例 (图5),向东即可延入黑龙江省西南的龙江和大庆



图 3 东北亚大陆边缘地区的移置地体示意图 (恢复到日本海张开之前)

Fig. 3 Allochthonous terranes in northeastern Asian conti-

nent marginal areas (before opening of the Sea of Japan) 1-属西伯利亚构造域的地块: Ag-克鲁伦-额尔古纳地块; Bj-布列因一佳木斯地块;2一华北微大陆(克拉通);3一胶辽地块; 4—苏皖地块;5—兴凯地块;6—兴—蒙海西期造山带;7—延吉— 清津印支期造山带 (OH 为飞騨外带); 8一燕山期碰撞造山带: MO—蒙古—鄂霍次克; SL—苏鲁; 9—断层; 10—海岸线。现仍位 于东亚大陆边缘区的移置地体名称 (括号内为增生拼贴的时代): Ⅰ一那丹哈达一比金(J₃); Ⅱ一中锡霍特一阿林(或萨马尔金, J₃);Ⅲ~Ⅵ可合称东锡霍特一阿林:Ⅲ一杭加利(J₃);Ⅳ---祖拉夫 列夫 (K1); V-野猪河 (K1); V-基玛 (K1末-K2); V-海岸 (K₂); W-下黑龙江 (K₁); IX-沃川 (J₃); X-南朝鲜 (J₃)。 因日本海的张开而漂移出去的移置地体名称(括号内为增生拼贴的 时代): HO--飞騨--隐歧 (J₃); MT--美浓--丹波 (J₃); NK-北 北上 (J₃); NA-日高 (K); GM-根室 (K₂-E); WS-西萨哈林 (K₂-E); CZ-捷尔佩尼亚 (K₂-E); CH-秩父 (J₃); SK-南北 上+黑濑川 (K₁); SM一三宝山 (K); SH一四万十 (K-E)。断裂 名称: F1-图库棱格腊; F2-鹤岗; F3-依兰一伊通; F4-敦化-密山 (郯庐断裂带在东北的主支); F₅一辽渤 (南延为郯庐); F₆-五莲一诸城; F₂一庐江一灌云; F₈一朝鲜半岛西缘; F₉一锡霍特中 央; F₁₀一湖南 (Honam); F₁₁一中央构造线

地区; 盆地自中侏罗世开始发育,晚侏罗世达到全 盛; 盆地未能进一步东延受控于布列亚一佳木斯地



图 4 中国东北部现存的(主要为白垩纪)盆地分布图(据罗志立和姚军辉,1992,有修改) Fig. 4 Distribution of existed (Cretaceous) basins in Northeast China (modified from Luo Zhili and Yao Junhui, 1992) 1-盆地边界; 2-主要断裂; 3-河流; 4-城市。盆地名称: I-三江盆地; Ⅱ-虎林盆地; Ⅲ-勃利盆地; Ⅳ-鸡西盆地; V-宁安盆地; Ⅵ-延吉盆地; Ⅶ-伊春盆地; Ⅷ-孙吴盆地; Ⅹ-松辽盆地; Ⅹ-呼玛盆地; Ⅺ-大杨树盆地; ⅩⅡ-根河 盆地; ⅩⅢ-漠河盆地; ⅩⅣ-拉布达林盆地; ⅩⅤ-海拉尔盆地; ⅩⅥ-二连盆地。断裂名称: F₁-得尔布干断裂; F₂-赛音 山达-海拉尔-呼玛断裂; F₃-二连-贺根山断裂; F₄-西拉木伦断裂; F₅-温都尔庙-柯丹山断裂; F₆-嫩江断裂; F₇-孙 吴断裂; F₈-明水-孤房断裂; F₉-长春-哈尔滨断裂; F₁₀-依兰-伊通断裂; F₁₁-敦化-密山断裂; F₁₂-鹤岗断裂

块经晚二叠世的增生造山后长期处于隆起状态^①。 早白垩世起受新生的北东向构造控制,盆地性质转 变为断陷,盆地变为北东向,在东部靠近大兴安岭 处北东向构造表现尤其强烈(刘震等,2006)。

吴根耀(2005)曾提出:每次重大的造山运动后都会在新形成的拼合大陆上发育大型一超大型盆地,它在以后的历次构造事件中不断解体,因而确定断裂的活动时间及由之引起的盆山格局改变在古地理重建中至关重要。如中国西北一中亚地区侏罗纪曾是一个统一的大盆地,当时天山只是该超大型盆地内的一个次级正向单元(吴根耀,2002)。晚侏罗世一早白垩世早期,伊连哈比尔尕(北天山缝合线)断裂活动并控制了北天山和博格达山隆起(方世虎等,2005),新的盆山格局出现,

即:准噶尔盆地、塔里木盆地和吐鲁番盆地的雏形 出现,或说前者与后两者分离。晚白垩世一古新世 时阿尔金断裂的活动和阿尔金山的隆起导致塔里木 盆地与柴达木盆地分离。前者古近纪演化的一大特 点是古新世一始新世早期发生海侵,海相沉积见于 塔西南和塔北地区,塔东南地区发育辫状河三角洲 及冲积扇等陆相沉积,始新世晚期一渐新世全盆整 体以滨浅湖沉积为主,塔西南见有海相夹层(邵 龙义等,2006)。柴达木盆地古近纪是一个内陆湖 盆,古新世一始新世早期未见有海侵发生。中一晚 始新世尽管发生过大规模湖侵,在柴达木西部形成 半深湖一深湖并出现半咸水一咸水湖环境(朱扬 明等,2004),但该期湖侵与塔里木盆地古新世一 始新世早期的海侵无因果关系(杨藩等,2006)。

① 朱德丰,任延广,等. 2007. 松辽盆地北部隐伏二叠系和侏罗系的初步研究



图 5 二连盆地侏罗纪和白垩纪的盆地简图

Fig. 5 A simplified map showing basin limits of the Jurassic and Cretaceous in Eren Basin 1—白垩纪盆地边界; 2—白垩纪盆地内的坳陷区; 3—白垩纪盆地内的凸起区; 4—侏罗纪盆地边界; 5—断裂及编号; F_1 —二连— 贺根山断裂; F_2 —西拉木伦断裂; F_3 —温都尔庙—柯丹山断裂; 6—次级构造单元及名称 (据刘震等, 2006): 1—乌尼特坳陷; II—马尼特坳陷; II—腾格尔坳陷; IV—乌兰察布坳陷; V—川井坳陷; VI—苏尼特隆起

可见,正确厘定断裂活动的年代是认识盆山格 局改变进而重建区域构造古地理演化的关键。

3.2 断裂活动方式或幅度变化的沉积响应

阿尔金断裂新生代内的走滑活动经历了古近纪 的右行走滑兼斜冲和上新世以来的左行走滑兼斜 冲;中新世是右行走滑向左行走滑的转换期,阿尔 金断裂总体处于松弛伸展状态(黄立功等,2004; 柳祖汉等,2006)。这3个阶段的古地理面貌和沉 积特征各有不同。

古近纪的柴达木盆地是与新特提斯洋闭合和欧 亚、印度两大板块碰撞造山耦合的盆地,强烈冲起 的阿尔金山提供了物源并迅速在山前堆积下来,因 而塔西南地区的碎屑粗,沉积速率快(渐新世晚 期即下干柴沟组上段沉积时有最快的沉积速率。郭 泽清等,2005),总体看沉积中心自南西向北东迁 移。为吸收阿尔金断裂的走滑位移量,盆地北缘发 生冲断并控制了三排背斜带发育,形成时代向北变 新(刘志宏等,2005),说明冲断活动向北扩展。

中新世盆地发育的面貌发生明显变化。因阿尔 金山处于剥蚀和准夷平状态,盆地西界至少可达阿 尔金山腹地(黄立功等,2004),盆地性质可能属 阿尔金主干断裂(南西段)与次级的北东向断裂 控制发育的拉分盆地。中新统上干柴沟组的特点是 粒度细(以大套泥岩和碳酸盐岩为特征)、沉积速 率慢、盐度较高和陆源碎屑供应较少。北缘冲断带 该阶段的变形特点是:形成的背斜都位于晚白垩一 始新世背斜的南侧,说明中新世起冲断作用由北向 南扩展,背斜规模小,自身并不构成一个褶皱带。

上新世一更新世柴达木盆地的发育受制于青藏 高原的隆升,此时阿尔金断裂是高原的西北边界。 该时期塔西南地区的沉积特点是碎屑粗,沉积速率 快(上新世晚期狮子沟组上段沉积时期是新生代 里出现的又一次快速沉积期。郭泽清等,2005), 且沉积中心自西向东迁移。受这一左行斜冲走滑制 约,北缘冲断带形成2列褶皱一冲断带(刘志宏 等,2005),指示冲断活动向南西扩展。

显然,阿尔金断裂的活动方式和强度,不仅在 地层序列造成上粗、细碎屑岩多次交替出现,从而 决定柴西南地区油气储集层砂岩的层位,而且制约 了砂岩储集层的空间分布(马达德等,2005),因 为北缘冲断带的发育受阿尔金断裂走滑活动的制 约,柴达木盆地北缘的沉积相类型、分布和演化 (金振奎等, 2006) 与柴西南地区不乏相似之处。

断裂的垂直运动及其控制的隆起或沉陷幅度变 化也明显制约了古地理演化甚至改变盆山格局。如 云南的兰坪一楚雄地区,早白垩世早期,其西的丹 那沙林一高黎贡弧只是一个低矮的隆起,侏罗纪形 成的超大型盆地继续发育,相应地,有大湖盆发育 且向西湖侵,曲流河沉积范围大,入湖处有三角洲 发育;至早白垩世晚期,丹那沙林一高黎贡弧快速 隆升,点苍山西麓断裂的活动使超大型盆地解体, 相应地,统一的大湖盆不复存在而代之以孤立的小 湖盆,未见三角洲发育,曲流河的沉积范围缩小, 辫状河的沉积范围向东扩大,古地理面貌发生了明 显变化(吴根耀等,2004;吴根耀,2005)。

3.3 走滑断层的脉冲式活动与盆山演化中 的关键事件

张文佑和吴根耀(1986)曾提出应注意碰撞 带通过剪切带而转换成裂谷带的情况。依据这一思 路,吴根耀等(2001)曾初步总结了中国西南哀 牢山—红河断裂带的走滑活动及其与南海扩张、青 藏高原隆升的关系,发现此类走滑断层是脉冲式活 动的,因而在它所转换连接的碰撞带(或挤压隆 起区)和裂谷带(或拉张沉陷区)的演化中出现 了若干次重大的关键地质事件。近年里积累的大量 资料已对哀牢山—红河断裂带的脉冲式活动及青藏 高原隆升、南海海盆张开中的关键事件有了更清楚 的认识(张进江等,2006)。

哀牢山断裂新生代里发生过3期左行走滑。第 I期走滑发生在距今58—56 Ma,伴有区域上广泛 的岩浆侵入事件,导致印度板块与欧亚板块的初始 碰撞即东喜马拉雅构造结的楔入。除哀牢山断裂的 左行走滑兼斜冲外,中缅交界处的槟榔江断裂此时 也有左行走滑兼斜冲活动(季建清等,2000),指 示伴随该楔入事件邻侧地块发生的旋转。北部湾莺 歌海盆地中的古新世沉积则指示了南海海盆早期的 裂谷作用。第 II 期走滑发生在距今27—22 Ma,曾 被认为是哀牢山断裂最主要的走滑期(Schärer *et al.*,1990)。这是青藏高原的强烈隆升期,喜马拉 雅主中央断裂的最强挤压期和藏南拆离系的伸展 期。高黎贡断裂和其东(缅甸境内)的那邦断裂 的右行走滑活动(季建清等,2000)与哀牢山断 裂的左行走滑活动控制了滇西地区大规模的构造逸 脱。南海中央海盆的扩张发生在渐新世一中新世早 (中)期(龚再升,1997),此次海底扩张由地幔 物质主动地剧烈上涌引起,产生新生洋壳。还应强 调的是:南海中央海盆的扩张脊为北东东走向,不 同于南海地区更早的和更晚的张裂事件(北东 向);受这一方向的扩张控制,南海北部的珠江口 盆地、台(湾)西南盆地和双峰南盆地等都表现 为北东东走向(李文勇和李东旭,2006)。哀牢山 断裂的第Ⅲ期强烈左行走滑发生在距今13—12 Ma, 因大陆汇聚速率的加快,青藏高原及邻区处于强烈 挤压并导致物质的东流,促使构造逸脱进一步发 育。该期变形伴有区域上距今15—10 Ma的热事 件,哀牢山—红河地区距今12—10 Ma时发生抬 升,南海的诸盆地发生拗陷沉降。

中新世末(晚)期至上新世,哀牢山一红河 断裂带的活动方式发生了明显变化,即:哀牢山断 裂已不再活动,代之以红河断裂的右行走滑。青藏 高原呈扇形山体发生隆升,周缘地区的冲断层均发 生向外的冲断,如前述的阿尔金断裂,在上新世末 形成一个夷平面(称高原面)。南海的西南部再次 发生扩张。更新世时红河断裂继续活动,青藏高原 进一步隆升,但因断块的差异升降而使高原面解 体;南海的各盆地则处于快速沉陷中。

上述实例勾绘了大区域范围内挤压、伸展和剪 切变形统一和谐地共存的构造图景。正确地厘定这 些关键地质事件是在这一构造图景中重建古地理演 化的基础。

3.4 断裂组合方式与盆地发育

断裂带常由若干条断裂组成,它们不仅切割深 度大、空间延伸长,而且地史期间反复活动,如云 南西部的金沙江一哀牢山断裂带(云南省地质矿 产局,1990)。深入研究发现:在限定的地史阶段 内该断裂带内常只有1条断裂活动,不同地史阶段 内不同断裂的活动及其延伸即表现为不同的断裂组 合方式,并决定了当时的盆山格局。

以哀牢山断裂带为例,它由4条断裂组成,自 东向西称红河断裂、哀牢山断裂、安定一九甲断裂 和阿墨江断裂(图2),向南东撒开,在南涧附近 收敛为1条。沿安定一九甲断裂有一系列基性一超 基性岩出露,是墨江洋闭合后的缝合线,北延应接 滇西北和川滇藏交界区的金沙江缝合线——金沙江 断裂。它表现为1条岩浆岩带,洋盆于印支期闭合 后曾发生过挤压冲断活动。哀牢山断裂,如前所 述,古近纪至中新世中期发生过3次左行走滑 (兼斜冲),北延为点苍山西麓断裂,然后经维西 一乔后断裂而连德钦一雪龙山断裂。它表现为1条 韧性剪切带,因长距离的走滑斜冲而常控制其上盘 有变质岩出露(图2)。可能在哀牢山断裂走滑的 高峰期,阿墨江断层也相应地发生左行走滑,成为 控制构造逸脱的剪切断裂系的组成分子。因为哀牢 山断裂的左行走滑受青藏高原的强烈隆升制约,因 而走滑活动可能有北早南晚之势。红河断裂是中新 世末(晚)期开始活动的右行走滑(兼正断)断 层,表现为脆性破裂带,延至洱源后被剑川断裂左 行错断。维西一乔后断裂是红河断层的北延,它经 历了早期的左行走滑和晚期的右行走滑(云南省 地质矿产局, 1990), 说明它曾经连接过德钦一雪 龙山断裂和哀牢山断裂,之后成为红河断裂的北 延。进一步的北延为云岭断裂,入川后大致沿得荣 一巴塘一线的金沙江河谷发育(图2)。

造成断裂组合方式改变的根本原因是控制构造 逸脱的剪切带系统发生了变化。渐新世末至中新世 中期,构造逸脱以缅甸中部右行的实皆断裂为西 界,以左行的德钦一雪龙山断裂和哀牢山断裂为东 界。中新世末(晚)期以后,逸脱区向东迁移, 以右行的云岭断裂和红河断裂为西界,以左行的鲜 水河断裂和小江断裂为东界(左行)(吴根耀等, 2001,图1)。上新世以来青藏高原北部的羌塘地 块还相对其南的拉萨地块发生向东的逸脱,以班公 错一怒江断裂为南界(右行),以上述的阿尔金断 裂为北界(左行)(何顺东等,2002)。

断裂组合方式的上述变化在盆地发育中得到了 充分的反映。古近纪至中新世中期,滇西及邻区的 盆地发育可划分为3个世代:古新世一早始新世主 要是燕山运动后挤压应力场松弛背景下的断陷盆 地,原白垩纪的大盆地解体;晚始新世一渐新世是 与喜马拉雅期碰撞有关的磨拉石盆地,云南被卷入 了开阔的弧后前陆褶皱冲断带;中新世发育为断裂 的走滑活动控制的拉分盆地(吴根耀和马力, 2005)。上新世开始,逸脱地块分别以鲜水河一小 江断裂和云岭一红河断裂为东、西边界,沿这两条 边界断裂发育有盆地群,中间夹持的单元为白草岭 隆起,盆地性质主要为断陷或走滑松弛盆地(王 晓鹏等,2001),因而与古近纪一中新世中期阶段 的盆地在地理分布和力学机制上都有明显不同。

3.5 断裂带的解体与新生构造出现

巨型断裂带在经历了形成和鼎盛发育阶段后必 然进入解体阶段。如新生代(尤其是新近纪)的 郯庐断裂带,其解体反映在两个方面:一是不同地 段的断层有不同的活动方式,或说郯庐断裂带已解 体为活动方式各不相同的若干段,震源断裂的破裂 类型表明安徽境内的郯庐断裂的近代活动大致以合 肥为界,北段倾向北西,为逆冲,南段倾向南东, 为正断(刘东旺等,2006);二是同一地区的北东 向断层新近纪已改变了活动方式,如辽渤地区的北 东向断裂也曾被称为郯庐断裂,实际上渐新世以来 是一条右行走滑断层(范军侠等,2006),称营口 一潍坊断裂似更合适。

如果说这些巨型断裂带的形成是区域构造中的 新生构造的话,那么断裂带在其解体过程中可能会 出现另一期新生构造。以中国东部为例,早白垩世 出现的以郯庐断裂带为代表的北东向构造是新生构 造(吴根耀,2006b),新近纪出现的北东东向构造则 是另一期新生构造。在再造盆山格局和古地理重建 时必须注意分析继承性构造与新生构造的关系。

 1)继承性构造与新生构造并存,两者在空间 上表现为有规律的更迭。如上述的二连盆地,西部 以北东东向构造(继承性构造)为主,向东转变 为以北东向构造(新生构造)为主(刘震等, 2006)。东海大陆架地区也可见北东向盆地(继承 性构造)与北东东向盆地(新生构造)并存(高 德章等,2006),向东因大陆地壳经受了更强的伸 展,故北东东向构造发育。

2)继承性构造与新生构造并存,两者在空间 上的表现取决于局部的边界条件。如新生代的渤海 湾盆地,北东向构造(继承性构造)与北东东向 构造(新生构造)并存,后者在渤中坳陷表现十 分明显,但其北的辽东湾坳陷和下辽河坳陷是郯庐 断裂带通过的地方,因而仍以北东向构造为主。

3)继承性构造与新生构造见于不同的地区, 两者间有清晰的构造界线。如前述的苏皖地区,古 近纪演化继承晚白垩世的构造格局。新近纪开始苏 北与苏南的构造演化发生分异,南隆北陷,故在苏 南及邻近的安徽仍可见坳陷与隆起为北东向,而苏 北盆地内的次级凹陷与凸起几乎均呈北东东向 (叶舟等,2006)。 4)在苏北盆地这样的地区,可认为古近纪盆 地已被掩盖了,两期变形的关系则较为复杂,笼统 地说,是后期变形以多种形式改造了前期变形,同 时,后期变形的发育可能受早期变形的制约。

5) 以继承性构造为主,局部地区开始有新生 构造发育。如江西北部的鄱阳盆地,尽管作为控盆 断裂之一的赣江断裂(北东东向的新生构造)在 早白垩世已经出现,白垩纪鄱阳盆地两坳夹一隆的 构造格局为北东东向(继承性构造);晚白垩世晚 期一古新世时北北东向构造(进贤一石门街断层) 活动得到加强,在南昌凹陷(南鄱阳坳陷的次级 单元)中出现了北北东一近南北走向的凸起与深 凹陷相间排列的格局(梁兴等,2006)。由于始新 世开始盆地萎缩,新近纪盆地闭合隆升,因而在南 昌凹陷中出现的新生构造未能得到进一步发育。

4 结束语

1)以活动论构造观为指导、尽可能客观地复 原地史期间的海陆面貌和盆山格局的关键,是在给 定时间约束之后,于研究区现存的地质记录中发现 业已消失了的和后期才出现的构造古地理单元。作 者基于大量实例论述了可能导致构造古地理单元消 失的9种情况,即解体、沉没、俯冲、增生后的改 造、剥蚀、冲断一推(滑)覆作用、大规模的走 滑作用、碎裂和被卷入年轻的造山带。与之相反, 因冲断一推(滑)覆作用、大规模的走滑活动、 折返作用、岩浆底辟及热隆升等原因,有的构造古 地理单元后期才出现在研究区内。此外,还应强调 东亚大陆边缘地区的一大特点是发育一系列的移置 地体,它们自侏罗纪末开始逐步拼贴增生在亚洲大 陆(雏形)的东缘地区。

2)对亚洲中一东部地区的一些巨型断裂带, 首先要正确地区分演化阶段。其形成阶段(或说 其前身)常是若干条重要的边界断裂,控制了解 体、俯冲、碎裂、增生等事件发生。成为陆内的断 裂带之后,大规模的走滑一推覆作用可造成构造古 地理单元消失或后期出现的情况。以中国东部的北 东向郯一庐断裂带、西北的阿尔金断裂带和西南的 金沙江一哀牢山断裂带为例,论述了断裂活动对盆 山格局变化、盆地发育、沉积演化及关键地质事件 的控制作用。此外,还应注意巨型断裂带解体阶段 新生构造的出现及继承性构造与新生构造并存在古 地理格局上的不同反映。

3) 诚如冯增昭(2003)所言:"当前国内外构造古地理学均呈现出与沉积学、地层学、古生物学、地球物理学、地球化学、构造地质学等的相互结合和渗透,研究热点集中在造山带沉积和古地理、古特提斯多岛洋构造古地理、全球古大陆重建尤其是关键部位古大陆重建等方面,是一个十分活跃的古地理学分支学科"。作者愚见,以为造山带古地理学的发展是推动构造古地理学前进的关键之一,故不揣冒昧,提出造山带古地理学在重建区域构造古地理演化中的一些主要问题,以期对深入客观地认识上述的几个热点问题有所裨益。

参考文献

- 丁巍伟,杨树锋,陈汉林,等.2006.台湾岛以南海域新近纪的弧一陆 碰撞造山作用 [J].地质科学,41(2):195-201.
- 范军侠,李宏伟,朱筱敏,等.2006. 辽东湾北部地区走滑构造特征与 油气富集规律 [J].古地理学报,8(3):415-418.
- 方世虎,郭召杰,宋岩,等.2005.准噶尔盆地南缘侏罗纪沉积相演化 与盆山格局 [J].古地理学报,7(3):347-356.
- 冯庆来,张世涛,葛孟春,等.2002. 滇西北中甸地区哈工组放射虫及 其构造古地理意义 [J]. 地质科学,37(1):70-78.
- 冯增昭.2003.我国古地理学的形成、发展、问题和共识 [J].古地理 学报,5(2):129-141.
- 高德章,赵金海,薄玉玲,等.2006.东海及邻近地区岩石圈三维结构 研究 [J].地质科学,41(1):10-26.
- 龚再升.1997.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集 [M].北京: 科学出版社,540.
- 郭泽清,刘卫红,钟建华,等. 2005. 柴达木盆地西部新生界异常高压:分布、成因及对油气运移的控制作用[J]. 地质科学,40(3):376-389.
- 何光玉,韩永科,李建立,等.2007.阿尔金断裂花海段新生代变形特征及时间[J].地质科学,42(1):84-90.
- 何顺东,丁林,吴根耀,等.2002. 藏南格仁错地区孜佳错断裂的第四 纪活动及其构造意义 [J]. 地质科学,37(1):8-12.
- 侯明金, Mercier J, Vergely P,等. 2004. 海西至印支期郯庐断裂带的 性质——据中国东部石炭纪至三叠纪的岩相古地理特征分析 [J]. 古地理学报,6(4):459-468.
- 胡望水,吕炳全,张文军,等.2005. 松辽盆地构造演化及成盆动力学 探讨 [J]. 地质科学,40(1):16-31.
- 季建清,钟大赉,张连生.2000. 滇西南新生代走滑断裂运动学、年代 学及其对青藏高原东南部块体运动的意义 [J]. 地质科学,35 (3):336-349.
- 金振奎,齐聪伟,薛建勤,等.2006.柴达木盆地北缘结绿素一红山地 区古新统至中新统沉积相 [J].古地理学报,8(3):377-388.
- 李任伟,江茂生,李忠,等.1999.大别山北麓侏罗系大理岩砾石的碳一氧 同位素组成及地质意义[J].岩石学报,15(4):623-629.
- 李双应,王道轩,刘因,等.2005.大别造山带折返剥露历史;来自合肥盆地 南缘中生界变质岩碎屑的证据[J].地质科学,40(4);518-531.
- 李文勇,李东旭.2006.中国南海不同板块边缘沉积盆地构造特征 [J].现代地质,20(1):19-29.
- 李忠,李任伟,孙枢,等.2001.大别地块北缘侏罗系花岗岩类砾石的

Rb-Sr 年代学特征 [J]. 科学通报,46(7):582-585.

- 梁兴, 叶舟, 吴根耀, 等. 2006. 鄱阳盆地构造—沉积特征及其演化史 [J]. 地质科学, 41(3): 404 - 429.
- 刘东旺,夏瑞良,刘泽民,等.2006. 郯庐断裂带安徽段现代地震活动 及应力场分析 [J]. 地质科学,41(2):278-290.
- 刘震,赵阳,杜金虎,等.2006. 陆相断陷盆地岩性油气藏形成与分布的"多 元控油 - 主元成藏"特征 [J]. 地质科学,41(4):612-635.
- 刘志宏,万传彪,杨建国,等.2005. 柴达木盆地北缘地区新生代构造 特征及变形规律 [J]. 地质科学,40(3):404-414.
- 柳祖汉,吴根耀,杨孟达,等.2006.柴达木盆地西部新生代沉积特征及其 对阿尔金断裂走滑活动的响应[J].地质科学,41(2):344-354.
- 陆松年,陈志宏,李怀坤,等.2004. 秦岭造山带中一新元古代(早期) 地质演化[J].地质通报,23(2):107-112.
- 吕炳全,徐国强,王红罡,等.2002. 南海新生代碳酸盐岩台地淹没事件记录的海底扩张 [J]. 地质科学,37(4):405-414.
- 罗志立,姚军辉.1992.试论松辽盆地新的成因模式及其地质构造和 油气勘探意义 [J]. 天然气地球科学,(1):93-102.
- 马达德,王少依,寿建峰,等.2005.柴达木盆地西南区古近系及新近 系砂岩储层 [J].古地理学报,7(4):519-528.
- 邱燕,温宁.2004. 南海北部边缘东部海域中生界及油气勘探意义 [J]. 地质通报,23(2):142-146.
- 邵济安,唐克东,等.1995.中国东北亚地体与东北亚大陆边缘演化 [M].北京:地震出版社,185.
- 邵龙义,何志平,顾家裕,等.2006. 塔里木盆地古近纪岩相古地理 [J].古地理学报,8(3):353-364.
- 孙晓猛,吴根耀,郝福江,等.2004.秦岭一大别造山带北部中一新生 代逆冲推覆构造期次及时空迁移规律[J].地质科学,39(1): 63-76.
- 王晓鹏,吴根耀,钟大赉.2001.受红河断裂控制的晚第三纪走滑松弛 盆地——以漠河盆地为例[J].地质科学,36(3):370-379.
- 汪新, Hubert-Ferrari A, Suppe J. 2001. 晚更新世以来南天山阿克苏地 区地壳缩短率 [J]. 地质科学, 36(2):195-202.
- 王毅,姜亮,杨伟利.2000.丽水一椒江凹陷断裂构造运动学 [J].地 质科学,35(4):441-448.
- 吴根耀.1993. 滇西丽江一金平二叠纪玄武岩的对比及其地质意义 [J]. 岩石学报,9(增刊):63-69.
- 吴根耀.2002. 燕山运动和中国大陆晚中生代的活化 [J]. 地质科学, 37(4):453-461.
- 吴根耀. 2003. 初论造山带古地理学 [J]. 地层学杂志, 27(2):81-98,115.
- 吴根耀. 2005. 造山带古地理学── 在盆地构造古地理重建中的若干 思考 [J]. 古地理学报,7(3):405 - 416.
- 吴根耀. 2006a. 从关键地质事件看华南前寒武系的划分对比 [J]. 地 层学杂志, 30(3):271-286.
- 吴根耀. 2006b. 白垩纪:中国及邻区板块构造演化的一个重要变换期 [J]. 中国地质,33(1):64-77.
- 吴根耀,马力.2005."盆""山"耦合和脱耦的反转点和切入点研究 [J].石油实验地质,27(1):8-17,24.
- 吴根耀,刘秉光,蒋保林,等.1988. 川西锦屏山区前寒武纪绿岩带残 块之初步探讨[C].见:地质矿产部青藏高原地质文集编委会 编,青藏高原地质文集19.北京:地质出版社,45-57.
- 吴根耀,马力,许效松,等.2001. 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,3(2):3-10.
- 吴根耀,陈焕疆,马力,等.2002a.苏皖地块——特提斯演化阶段独立 的构造单元 [J].古地理学报,4(2):77-87.
- 吴根耀,陈焕疆,马力,等.2002b.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,24(1):3-12.

- 吴根耀, 矢野孝雄, 谭明清. 2004. 滇西兰坪盆地早白垩世景星组的沉积相 [J]. 古地理学报, 6(3):380-384.
- 吴汉宁,常承法,刘椿,等.1990.依据古地磁资料探讨华北和华南块 体运动及其对秦岭造山带构造演化的影响 [J].地质科学, (3):201-214.
- 吴元保,陈道公,Deloule E,等.2001.北大别片麻岩的锆石 U-Pb 年龄离 子探针测定及其地质意义 [J].地质论评,47(3):239-244.
- 肖安成,杨树锋,李曰俊,等.2005. 塔里木盆地巴楚隆起断裂系统主 要形成时代的新认识[J]. 地质科学,40(2):291-302.
- 肖国林,孙长虹,郑浚茂.2005.北黄海盆地东部前中生界基底特征 [J].现代地质,19(2):261-266.
- 杨藩, 乔子真, 张海泉, 等. 2006. 柴达木盆地新生代介形类动物群特 征及环境意义 [J]. 古地理学报, 8(2):143-156.
- 叶舟,梁兴,马力,等.2006.下扬子独立地块海相残留盆地油气勘探 方向探讨[J].地质科学,41(3):523-548.
- 云南省地质矿产局.1990. 云南省区域地质志 [M]. 北京:地质出版 社.552-565.
- 翟明国,从柏林,张儒媛. 1990a. 滇西澜沧群两类火山岩系的识别及 其地质意义 [J]. 中国科学 B 辑,20(1):77-85.
- 翟明国,从柏林,乔广生,等.1990b.中国滇西造山带变质岩的 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素年代学 [J]. 岩石学报,(4):227-239.
- 张进江,钟大赉,桑海清,等.2006. 哀牢山一红河构造带古新世以来多期 活动的构造和年代学证据 [J]. 地质科学,41(2):291-310.
- 张文佑,吴根耀.1986. 试论碰撞运动——-种假说性的探讨 [J]. 大自然探索,5(1):97-104.
- 朱扬明,苏爱国,梁狄刚,等. 2004.柴达木盆地西部第三系咸水湖 相原油地球化学特征 [J].地质科学,39(4):475-485.

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1990. Regional Geology of Yunnan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 552 - 565 (in Chinese with English abstract).
- Channell E T, Mareschal J C. 1989. Delamination and Asymmetric Lithosphere Thickening in the Development of the Tyrrhenian Rift [M]. In: Coward M P, Dietrich D, Park R G(eds). Alpine Tectonics. Oxford: Blackwell, 285 - 302.
- Chung S-L, Lee T-Y, Lo C-H, et al. 1997. Intraplate extension prior to continental extrusion along the Ailao Shan-Red River shear zone [J]. Geology, 25(4):311-314.
- Dewey J F, Helman M L, Turco E, et al. 1989. Kinematics of the Western Mediterranean [M]. In: Coward M P, Dietrich D, Park R G (eds). Alpine Tectonics. Oxford: Blackwell, 265 - 283.
- Ding Weiwei, Yang Shufeng, Chen Hanlin, et al. 2006. Arc-continent collision orogeny in offshore Taiwan during Neogene [J]. Chinese Journal of Geology, 41(2):195 201(in Chinese with English abstract).
- Fan Junxia, Li Hongwei, Zhu Xiaomin, et al. 2006. Characteristics of strike-slip structure and rules of hydrocarbon accumulation in northern Liaodong Bay [J]. Journal of Palaeogeography,8(3):415-418 (in Chinese with English abstract).
- Fang Shihu, Guo Zhaojie, Song Yan, et al. 2005. Sedimentary facies evolution and basin pattern of the Jurassic in southern margin area of Junggar Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 7(3):347 - 356 (in Chinese with English abstract).
- Feng Qinglai, Zhang Shitao, Ge Mengchun, et al. 2002. Radiolarians from Hagong Formation in Zhongdian, NW Yunnan, and its tectono-

paleogeographic implications [J]. Chinese Journal of Geology, 37 (1):70 - 78(in Chinese with English abstract).

- eng Zengzhao. 2003. Origin, development, problems and common viewpoint of palaeogeography of China [J]. Journal of Palaeogeography, 5(2):129-141(in Chinese with English abstract).
- ao Dezhang, Zhao Jinhai, Bo Yuling, et al. 2006. A study on lithosphere 3D structures in the East China Sea and adjacent regions [J]. Chinese Journal of Geology, 41(1):10 26(in Chinese with English abstract).
- ong Zaisheng. 1997. Continental Margin Basin Analysis and Hydrocarbon Accumulation of Northern South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 540 (in Chinese).
- uo Zeqing, Liu Weihong, Zhong Jianhua, et al. 2005. Overpressure in the Cenozoic of western Qaidam Basin: Distribution, generation and effect on oil-gas migration [J]. Chinese Journal of Geology, 40 (3).375-389(in Chinese with English abstract).
- le Guangyu, Han Yongke, Li Jianli, et al. 2007. Cenozoic deformation features and time of eastern Altun fault in Huahai of Gansu province, northwestern China [J]. Chinese Journal of Geology, 42(1): 84 - 90(in Chinese with English abstract).
- Ie Shundong, Ding Lin, Wu Genyao, et al. 2002. Quaternary activity of Ziguicuo fault in Gayringco area, South Xizang, and its tectonic implications [J]. Chinese Journal of Geology, 37(1):8 - 12(in Chinese with English abstract).
- Iou Mingjin, Mercier J, Vergely P, et al. 2004. Features of Tan-Lu fault zone from Hercynian to Indosinian: By analyzing lithofacies palaeogeography of the Carboniferous to Triassic in eastern China [J]. Journal of Palaeogeography, 6(4):459-468(in Chinese with English abstract).
- Howell D G. 1989. Tectonics of Suspect Terrane: Mountain Building and Continental Growth [M]. Topics in the Earth Sciences 3. London-New York: Chapman and Hall Ltd., 1 - 232.
- Hu Wangshui, Lü Bingquan, Zhang Wenjun, et al. 2005. An approach to tectonic evolution and dynamics of the Songliao Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 40(1):16-31(in Chinese with English abstract).
- Ji Jianqing, Zhong Dalai, Zhang Liansheng. 2000. Kinematics and dating of Cenozoic strike-slip faults in the Tengchong area, west Yunnan: Implications for the block movement in the southeastern Tibet plateau [J]. Chinese Journal of Geology(formerly, Scientia Geologica Sinica), 35(3):336-349(in Chinese with English abstract).
- Jin Zhenkui, Qi Congwei, Xue Jianqin, et al. 2006. Sedimentary facies of the Paleocene-Miocene in north margin of Qaidam Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 8(3):377-388(in Chinese with English abstract).
- Jones D L, Silberling N J, Hillhouse J W. 1977. Wrangellia: A displaced terrane in northwestern North America [J]. Can. Jour. Earth Sci., 14:2 565 - 2 577.
- Li Renwei, Jiang Maosheng, Li Zhong, et al. 1999. Carbon and oxygen isotopic compositions of the marble conglomerates of Jurassic age in the northern margin of Dabie Mountains, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 15(4):623-629(in Chinese with English abstract).
- Li Shuangying, Wang Daoxuan, Liu Yin, et al. 2005. Exhumation and denudation of the Dabie orogenic belt: Constraints from metamorphic clasts of Mesozoic sedimentary rocks in the southern margin of Hefei Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 40(4):518-531(in Chinese with English abstract).
- Li Wenyong, Li Dongxu. 2006. Tectonic characteristics on the sedimen-

tary basins with different plate margins in the South China Sea [J]. Geoscience, 20(1):19-29(in Chinese with English abstract).

- Li Zhong, Li Renwei, Sun Shu, et al. 2001. Rb-Sr chronological characteristics of Jurassic granitoid gravels in north margin of Dabie block, Central China [J]. Chinese Science Bulletin, 46(7):582-585(in Chinese).
- Liang Xing, Ye Zhou, Wu Genyao, et al. 2006. Sedimento-tectonic features and geological evolution of the Poyang Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 41(4):404 - 429(in Chinese with English abstract).
- Liu Dongwang, Xia Ruiliang, Liu Zemin, et al. 2006. Characteristics of recent seismicity and stress fields in Anhui sector of the Tan-Lu fault zone [J]. Chinese Journal of Geology, 41(2):278 - 290(in Chinese with English abstract).
- Liu Zhen, Zhao Yang, Du Jinhu, et al. 2006. Characteristics of "multifactor controlling and key-factor entrapping" of formation and distribution of lithologic petroleum reservoirs in continental rift basin [J]. Chinese Journal of Geology, 41(4):612 - 635(in Chinese with English abstract).
- Liu Zhihong, Wan Chuanbiao, Yang Jianguo, et al. 2005. Cenozoic structural features and deformation regularities of the northern Qaidam Basin, China [J]. Chinese Journal of Geology, 40(3):404 – 414(in Chinese with English abstract).
- Liu Zuhan, Wu Genyao, Yang Mengda, et al. 2006. Sedimentary features of the Cenozoic in the western Qaidam Basin: Response to strike-slipping of the Altun fault [J]. Chinese Journal of Geology, 41(2):344 - 354(in Chinese with English abstract).
- Lu Songnian, Chen Zhihong, Li Huaikun, et al. 2004. Late Mesoproterozoic-early Neoproterozoic evolution of the Qinling orogen [J]. Geological Bulletin of China, 23 (2):107 - 112 (in Chinese with English abstract).
- Lü Bingquan, Xu Guoqiang, Wang Honggang, et al. 2002. Sea floor spreading recorded by drowning events of Cenozoic carbonate platforms in the South China Sea [J]. Chinese Journal of Geology, 37 (4):405-414(in Chinese with English abstract).
- Luo Zhili, Yao Junhui. 1992. A new mechanical model of Songliao Basin and its significance for geotectonics and oil-gas exploration [J]. Natural Gas Earth Science, (1):93 - 102 (in Chinese with English abstract).
- Ma Dade, Wang Shaoyi, Shou Jianfeng, et al. 2005. Sandstone reservoirs of the Palaeogene and Neogene in southwestern Qaidam Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 7(4):519 528(in Chinese with English abstract).
- Monger J W H, Ross C A. 1971. Distribution of fusulinaceans in the western Canadian Cordillera [J]. Can. Jour. Earth Sci., 8:259 - 278.
- ² Qiu Yan, Wen Ning. 2004. Mesozoic in the eastern sea area of the northern margin of the South China Sea and its significance for oil/ gas exploration [J]. Geological Bulletin of China, 23(2):142 – 146(in Chinese with English abstract).
- Santacroce R. 1987. Somma-Vesuvius [M]. Roma: CNR Servizio Pubblicazioni, 251.
- Shao Ji'an, Tang Kedong, et al. 1995. Terranes in Northeast China and Evolution of Northeast Asia Continental Margin [M]. Beijing: Seismological Press, 185(in Chinese with English abstract).
- Shao Longyi, He Zhiping, Gu Jiayu, et al. 2006. Lithofacies palaeogeography of the Palaeogene in Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 8(3):353 - 364(in Chinese with English abstract).
- Schärer U, Tapponnier P, Lacassin R, et al. 1990. Intraplate tectonics in Asia: A precise age for large-scale Miocene movement along the

Ailao Shan-Red River shear zone, China [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 97:65 - 77.

- Sun Xiaomeng, Wu Genyao, Hao Fujiang, et al. 2004. Epochs and space-time migration of Meso-Cenozoic thrust nappe tectonics in the north Qinling-Dabie orogen [J]. Chinese Journal of Geology, 39 (1):63-76(in Chinese with English abstract).
- Wang Xiaopeng, Wu Genyao, Zhong Dalai. 2001. Mosha Basin in West Yunnan: A Neogene trans-releasing basin controlled by the Red River fracture [J]. Chinese Journal of Geology, 36(3):370 - 379(in Chinese with English abstract).
- Wang Xin, Hubert-Ferrari A, Suppe J. 2001. Shortening rate since Late Pleistocene in Aksu area, southern flank of Tianshan, China [J]. Chinese Journal of Geology, 36(2):195 - 202(in Chinese with English abstract).
- Wang Yi, Jiang Liang, Yang Weili. 2000. Kinematical analysis on faults in the Lishui-Jiaojiang Sag [J]. Chinese Journal of Geology(formerly, Scientia Geologica Sinica), 35(4):441 - 448(in Chinese with English abstract).
- Wu Genyao. 1993. Permian basalts in Lijiang and Jinping, west Yunnan: A comparative study and its geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 9(Suppl.):63-69(in Chinese with English abstract).
- Wu Genyao. 1997. Tethyan evolution in South China and its environs [M]. In: Xiao X C, Liu H F(eds). Global Tectonic Zones, Super-Continent Formation and Disposal. Utrecht: VSP, 55 - 76.
- Wu Genyao. 2002. The Yanshanian orogeny and Late Mesozoic activation in China continent [J]. Chinese Journal of Geology, 37(4):453 – 461 (in Chinese with English abstract).
- Wu Genyao. 2003. An approach to orogen-paleogeography [J]. Journal of Stratigraphy, 27(2):81-98,115(in Chinese with English abstract).
- Wu Genyao. 2005. Orogen-palaeogeography: Some considerations on basin's palinspastic reconstruction [J]. Journal of Palaeogeography, 7(3):405-416(in Chinese with English abstract).
 - Wu Genyao. 2006a. Division of the Precambrian in South China: In the light of key geological events [J]. Journal of Stratigraphy, 30(3): 271-286(in Chinese with English abstract).
 - Wu Genyao. 2006b. Cretaceous: A key transition period of the plate tectonic evolution in China and its adjacent areas [J]. Geology in China, 33(1):64 - 77 (in Chinese with English abstract).
 - Wu Genyao, Ma Li. 2005. An approach to the study of inversion points and tangency-in points for orogeny and coupled/decoupled basin development [J]. Petroleum Geology & Experiment, 27(1):8-17, 24(in Chinese with English abstract).
 - Wu Genyao, Liu Bingguang, Jiang Baolin, et al. 1988. Relics of Early Precambrian greenstone belt in Jinping Mt. region, west Sichuan [M]. In: CGQXP Editorial Committee, Ministry of Geology and Mineral Resources(ed). Contribution to the Geology of the Qinghai-Xizang(Tibet) Platear 19. Beijing: Geological Publishing House, 45 -57(in Chinese with English abstract).
 - Wu Genyao, Sun Xiaomeng, Zhong Dalai. 1996. Structural Geology of the Central Sector of the Hengduan Mountains [M]. Beijing:Geological Publishing House, 40.
 - Wu Genyao, Ma Li, Xu Xiaosong, et al. 2001. Constraining of Himalayan orogeny on palinspastic reconstruction of the border area of Sichuan and Yunnan provinces and reformation of Chuxiong Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 3(2):3 - 10(in Chinese with English abstract).

Wu Genyao, Chen Huanjiang, Ma Li, et al. 2002a. Su-Wan Block: An in-

dependent tectonic unit during period of Tethyan evolution [J]. Journal of Palaeogeography, 4(2):77-87(in Chinese with English abstract).

- Wu Genyao, Chen Huanjiang, Ma Li, et al. 2002b. Occurring of the East China Yanshanian Plateau and its inspiration to mineral and petroleum evaluation [J]. Petroleum Geology & Experiment, 24(1): 3 - 12(in Chinese with English abstract).
- Wu Genyao, Yano T, Tan Mingqing. 2004. Sedimentary facies of the Jingxing Formation of Lower Cretaceous in Lanping Basin, West Yunnan [J]. Journal of Palaeogeography, 6(3):380 - 384(in Chinese with English abstract).
- Wu Hanning, Chang Chengfa, Liu Chun, et al. 1990. Evolution of the Qinling fold belt and the movement of the North and South China Blocks: The evidence of geology and paleomagnetism [J]. Chinese Journal of Geology(formerly, Scientia Geologica Sinica), (3):201 -214(in Chinese with English abstract).
- Wu Yuanbao, Chen Daogong, Deloule E, et al. 2001. Zircon U-Ph iron probe ages of gneisses from the North Dabie Terrain and their geological implications [J]. Geological Review, 47(3):239 - 244(in Chinese with English abstract).
- Xiao Ancheng, Yang Shufeng, Li Yuejun, et al. 2005. Main period for creation of fracture system in the Bachu Uplift, Tarim Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 40(2): 291 302 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Guolin, Sun Changhong, Zheng Junmao. 2005. Pre-Mesozoic basement characteristics in the Eastern Depression of the North Yellow Sea Basin [J]. Geoscience, 19(2):261 - 266 (in Chinese with English abstract).
- Yang Fan, Qiao Zizhen, Zhang Haiquan, et al. 2006. Features of the Cenozoic ostracod fauna and environmental significance in Qaidam Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 8 (2): 143 - 156 (in Chinese with English abstract).
- Ye Zhou, Liang Xing, Ma Li, et al. 2006. An approach to exploration direction of oil-gas in the marine residual basins of independent Lower Yangtze Block [J]. Chinese Journal of Geology, 41(3):523 – 548(in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo, Cong Bolin, Zhang Ruyuan. 1990a. Distinguishing of two volcanic rock series in the Lancang Group, Yunnan Province, SW China and its geological implication [J]. Science in China, Series B, 33(8):968-979.
- Zhai Mingguo, Cong Bolin, Qiao Guangsheng, et al. 1990b. Sm-Nd and Rb-Sr geochronology of metamorphic rocks from SW Yunnan orogenic zones, China [J]. Acta Petrologica Sinica, (4):227 - 239 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jinjiang, Zhong Dalai, Sang Haiqing, et al. 2006. Structural and geochronological evidence for multiple episodes of deformation since Paleocene along the Ailao Shan-Red River shear zone, southeastern Asia [J]. Chinese Journal of Geology, 41(2):291 - 310(in Chinese with English abstract).
- Zhang Wenyou, Wu Genyao. 1986. On tectonic movement of collision: A tentative approach [J]. Exploration of Nature, 5(1):97 - 104(in Chinese with English abstract).
- Zhu Yangming, Su Aiguo, Liang Digang, et al. 2004. Geochemical characteristics of Tertiary saline lacustrine oil in the Qaidam Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 39(4):475 - 485 (in Chinese with English abstract).

650

(责任编辑 郑秀娟)