

中、下扬子区古生代盆地基底拆离式 改造与油气领域

丁道桂 朱 樱

(地质矿产部石油地质中心实验室, 江苏无锡)

陈凤良

(山东建材工业学院, 淄博)

刘 斌

(同济大学, 上海)

导源于古特提斯海关闭的印支运动, 使扬子和华北地台分别向大别-胶南造山带的陆内俯冲和挤压, 使扬子地台本身也产生了以基底拆离-盖层多层次滑脱为主要方式的变形改造。由江南-雪峰基底拆离推覆隆起带向北挤压所形成的NE至近EW向延伸的川鄂湘黔-苏皖南前缘褶皱-冲断带, 在燕山晚期又受到了秦岭-大别-胶南造山带向南仰冲推覆形成的NW至近EW向前陆褶皱冲断带进一步的叠加和改造, 最终形成扬子地台南北两侧相向对冲的构造格局。文中还提出了中下扬子区与基底拆离-盖层滑脱构造有关的可能的油气聚集模式。

关键词 中下扬子区 古生代盆地 陆内俯冲 陆壳挤压 基底拆离 盖层滑脱

第一作者简介 丁道桂 男 45岁 工程师 石油地质

一、大别-胶南碰撞造山带的形成和晚期的仰冲推覆作用

扬子地台北缘的秦岭-大别-胶南造山带在晚元古—早古生代时期, 是作为扬子地台与华北地台之间的陆间坳拉槽——小洋盆而存在的。早古生代末, 随着秦岭洋向北俯冲、消减和碰撞敛合之后, 在东秦岭上叠的泥盆和石炭系前陆盆地和下二叠统-三叠系盆地已属于中国大陆内部的盆地^[1]。中晚三叠世之后, 导源于古特提斯海关闭的印支运动向北的推挤作用, 使扬子克拉通进一步向北潜没。这是在中国大陆的陆内俯冲作用, 因此它更多地是表现为对已存在的“缝合带”进一步的“陆壳挤压”^[2]。陆壳挤压所导致的多期次、多层次的基底拆离在大别-胶南造山带形成过程中起到了主导性的作用。伴随大规模基底拆离的逆冲推覆构造, 以及所产生的一系列不同级别、不同规模、不同变形强度的推覆岩片的“叠置”是大别-胶南造山带形成的主要构造方式。

在大别-胶南造山带内, 发育了一系列与造山带走向大致平行的NW-NWW向大型基底拆离的横向推覆韧性剪切带和纵向(NNE)平移韧性剪切带系统。例如在大别造山带自北而南

本文1990年11月23日收到, 1991年4月15日改回。

* 本课题属“七·五”国家重点科研攻关54-02项目的三级专题和地质行业科学技术发展基金资助的研究项目。

有(图1):(1)商城-舒城断裂带;(2)桐柏-磨子潭断裂带;(3)麻城-岳西断裂带;(4)骆驼墩-响龙湾断裂带;(6)襄樊-广济断裂带等一系列走向NW-NWW向韧性剪切断裂带。这些断裂带随着造山带的抬升隆起和剥蚀,更多地是表现出中、深层次根带的特征:

(1)基底拆离的大型韧性剪切带往往具有宽约数百至数千米的糜棱岩带。断裂构造岩中变形石英亚颗粒、石英条带、核幔构造和不对称的压力影等显微流动构造十分发育。经过统计性测定基底拆离时稳态流动古应力差值($\sigma_1 - \sigma_3$)为81.1—167.5MPa。韧性剪切带中元古界变质岩产生同斜紧闭褶皱、倒转平卧的被动剪切褶皱、a型褶皱和鞘褶皱。在襄樊-广济断裂带的断坡上,剪切透镜体与变形砾石的富林参数 $K=0.11-0.22$,体现压扁加剪切的变形机制。

(2)基底拆离发生在不同地壳深度,体现了多期次和多层次拆离的特点。根据变质矿物流体包裹体测温计算的基底拆离的地球动力学条件:第一个深度范围(Ⅰa)在27—37 km,温度650—850℃,压力800—1150MPa,处于下地壳与岩石圈地幔之间,大体上沿莫霍面拆离与滑移。使得一些来自下地壳—上地幔的超镁铁岩随断裂作用冷侵位,并与围岩岩块混杂在一起,在大别-胶南造山带南北两侧沿桐柏-磨子潭断裂、麻城-岳西断裂及连云港海州-泗州断裂带分布,形成蛇绿混杂岩带和C类榴辉岩动力变质带。第二个深度范围(Ⅰb)在25—30 km,温度550—670℃,压力为650—950MPa,是中地壳与下地壳之间拆离与滑移,形成了造山带腹部的壳内剪切重熔型花岗岩浆房和热底辟事件,以及从大别南坡广济县四望到胶南造山带的连云港云台山-花果山一带的碰撞型蓝片岩带。

这些基底拆离韧性剪断裂带的深部产状,经深部地球物理场重、磁力延拓处理和剖面正、反演计算判别,为分别向造山带核部倾斜,大多归并于20—27 km深度的壳内剪切重熔带或

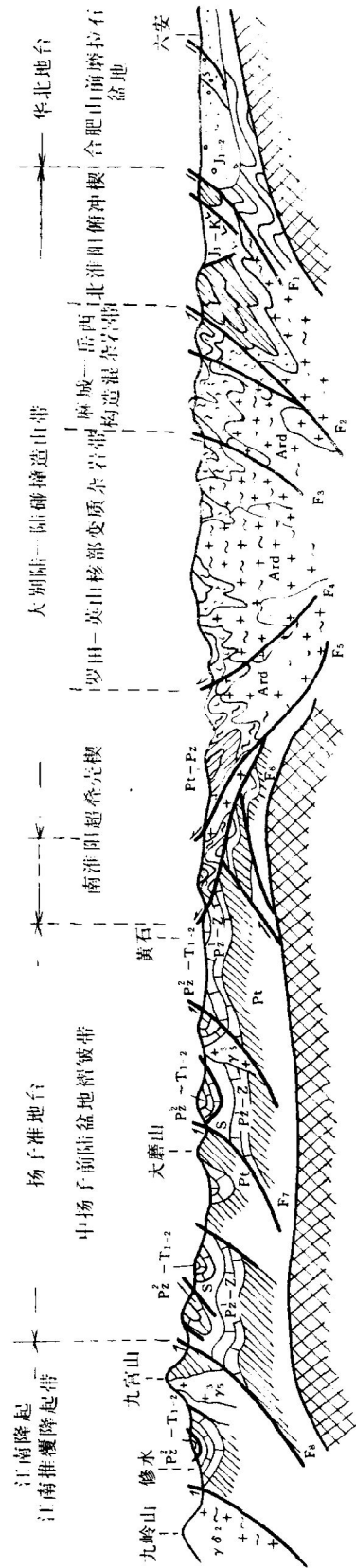


图1 六安-修水构造剖面示意图

F₁—商城-舒城断裂, F₂—桐柏-磨子潭断裂, F₃—麻城-岳西断裂, F₄—罗田-信松断裂, F₅—浠水-蕲春断裂, F₆—襄樊-广济断裂, F₇—大别山断裂, F₈—九宫山断裂

低速带。它们把造山带解体为若干具有不同造山功能的构造单元(图1): (1) 合肥山前磨拉石盆地; (2) 北淮阳俯冲楔; (3) 麻城-岳西构造混杂岩带; (4) 罗田-英山核部变质杂岩带; (5) 南淮阳超叠壳楔; (6) 中扬子前陆盆地褶皱带。扬子克拉通和华北克拉通分别向大别-胶南造山带俯冲。构成了陆内双向俯冲碰撞造山带的“扇形”构造地质-地球物理模型。根据我们计算, 大别-胶南造山带逆冲推覆位移量为 221 km, 纵向平移剪切位移量为 157.3 km。

随着大别-胶南造山带的抬升和隆起, 造山晚期基底拆离的侧向剪切作用, 是体现在造山带向两侧地台的大规模仰冲推覆活动上, 主要是以低角度韧性断裂活动方式叠加在前期构造上。造山带北侧推覆在华北地台中上侏罗统之上。在造山带南侧, 与浠水-蕲春断裂、襄樊-广济断裂向扬子地台仰冲推覆活动相匹配的是广泛地发育一套低角度北倾 ($15^{\circ}-50^{\circ} \angle 15^{\circ}-20^{\circ}$) 透入性的应变滑劈理和中小型犁式断层, 叠加和切割了前期(印支期)高角度南倾的片理。对襄樊-广济断裂带的糜棱岩以 K-Ar 法同位素年龄测定获得了 113—129 Ma 动力变质年龄, 大体上反映了这期仰冲推覆活动的记时。流体包裹体测温所获得的造山晚期仰冲推覆活动的动力学条件明显不同于前期。基底拆离的第一个深度范围(Ⅲa)在 13—23 km, 温度 350—600℃, 围压: 350—680 MPa, 代表了中层次韧性变形; 第二个深度范围(Ⅲb)在 5—8 km, 温度 250—450℃, 压力 120—250 MPa, 属于浅层次脆性-脆性变形动力学条件, 这与重磁剖面正、反演计算南淮阳仰冲推覆岩席厚度 5—10 km、推覆距离 20—40 km 的结论是一致的。

二、古生代盆地的改造方式

导源于古特提斯海和中生洋相继开启和向北俯冲关闭的印支-早燕山运动, 使其北缘的扬子地台发生了广泛的构造变动。扬子地台在向北俯冲挤压的过程中, 由于受到秦岭-大别-胶南造山带被动式的阻抗, 本身的古生代盆地也产生基底拆离与盖层推卷相结合的改造^[2]。由于运动的发生是在多期性不均一的基础上, 因此盆地的改造同样也体现出多期次、多层次拆离和滑脱的特点。根据各时代地层岩石力学性质、物理性质和它们在多层次滑脱构造系统中的地位及变形特点, 及其与滑移面的关系, 在中下扬子区可以划分出四个主要的滑动系统和三个主要的滑移面(图2)。需要强调指出的是: 发生在基底岩系中元古界浅变质板岩(双桥山群、上溪群)中下部层位中, 由南向北逆冲的大型基底拆离韧性剪切带是控制中、下扬子区古生代盆地改造变形的主导性断裂。震旦系及其上覆古生界多层次滑脱和不同样式的褶皱变形与缩短均从属于基底滑移面上盘的变形行为。

1. 江南-雪峰基底拆离推覆隆起带

其前缘断裂并不是一条统一和平滑的“江南深断裂”, 而是由若干条向北西方向凸出的弧形断裂, 沿走向在弧翼彼此交截联合而成的弧形断裂带。在断裂带上, 中元古界浅变质板岩经热动力变质作用形成了石榴子石千枚岩、黑云母片岩、千枚岩化板岩, 包括震旦系南沱组亦形成糜棱岩, 拆离深度 10—12 km。在韧性剪切带内, 发育的透入性剪切面理、糜棱面理、剪切透镜体的产状表明了由南东向北西方向的拆离和逆冲。由于壳内剪切重熔形成的燕山晚期 S 型花岗岩体(γ_s^1 , 如九宫山、监利花岗岩体)随断裂活动侵入在上盘中元古界浅变质岩中, 而不是作为前寒武纪的基底花岗质杂岩体在经过逆冲之后形成的所谓阿尔卑斯“鸟头状”构造。因此, 江南-雪峰隆起的前缘断裂是一条基底拆离的韧性剪切断裂带(SI)。深部地球物理探测表明它至少向北推移了 20 km 以上, 下盘掩盖有古生代地层(图3)。

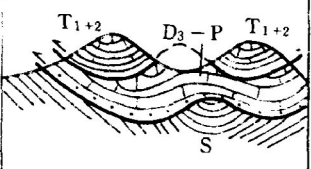
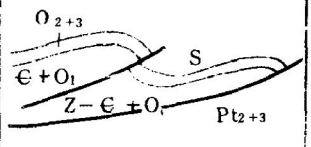
滑 动 系 统	主滑脱层	次滑脱层	变 形 样 式	变 形 机 制	滑 动 面
	层 V (M ₂ + K)			推覆体后缘弹性松弛拉张断陷	
上滑 动 系 统	层 IV (D - T ₁₊₂)	层 6 T ₁₊₂ 层 5 C + P 层 4 D		弯滑褶皱作用形成的线状的断弯与断展型的同心褶皱	S ₅ — S ₄ — — S ₃ —
中滑 动 系 统	层 III (S)	层 3 S		弯滑与层间剪切作用形成的紧闭倒转褶皱和膝状褶皱	S · III
下滑 动 系 统	层 II (Z + O)	层 2 $\epsilon + O$ 层 1 Z		弯滑作用下的大型开阔的断展褶皱和滑脱褶皱	S ₂ — S ₁ —
基底 滑 动 系 统	层 I (Pt ₂)			压扁剪切作用下的同斜紧闭褶皱、相似褶皱	S · II — S · I —

图2 扬子区古生代盆地滑移系统图

在江南-雪峰推覆隆起前缘韧性剪切断裂带的上盘,九岭山岩体南缘的韧性剪切带产状向北倾斜,它是作为前缘断裂带上盘的一条“反冲断层”而出现的,二者所夹持的断坡前缘上的中元古界的变形主要是形成尖棱褶皱、相似褶皱、大型平卧褶皱和形成流劈理、板劈理。向北西方向掩覆在下盘从震旦系到志留系之上。而上盘的震旦—三叠系并不是以“构造窗”,而是以复式向斜构造形式被局部保存,如修水-永修复向斜、蓝田复向斜等,对于这样一些克拉通内链状基底隆起,例如东落矶山的风河隆起, Rodgers 认为^[4],它的上升是大规模水平缩短而不是简单的垂向上升,并把这种影响整个大陆地壳的地壳断片的挤压滑动构造形象地称之为“浮冰构造”。

2. 川鄂湘黔-苏皖南前缘褶皱-冲断带

由于江南-雪峰基底拆离推覆隆起带向北西方向的挤压和推卷,使其前缘的扬子克拉通台上的古生代沉积盖层产生了多层次滑脱和以同心褶皱为主要变形样式的变形改造。大致以齐耀山-金佛山断裂为界,以东至江南-雪峰隆起前缘断裂(桑植、大庸、古丈、凤凰、镇远、凯里、三都一线)之间为湘黔鄂隔槽式褶皱-冲断带;以西至华蓥山断裂之间为川东隔挡式褶皱-冲断带(图4)。

(1) 湘黔鄂隔槽式褶皱-冲断带

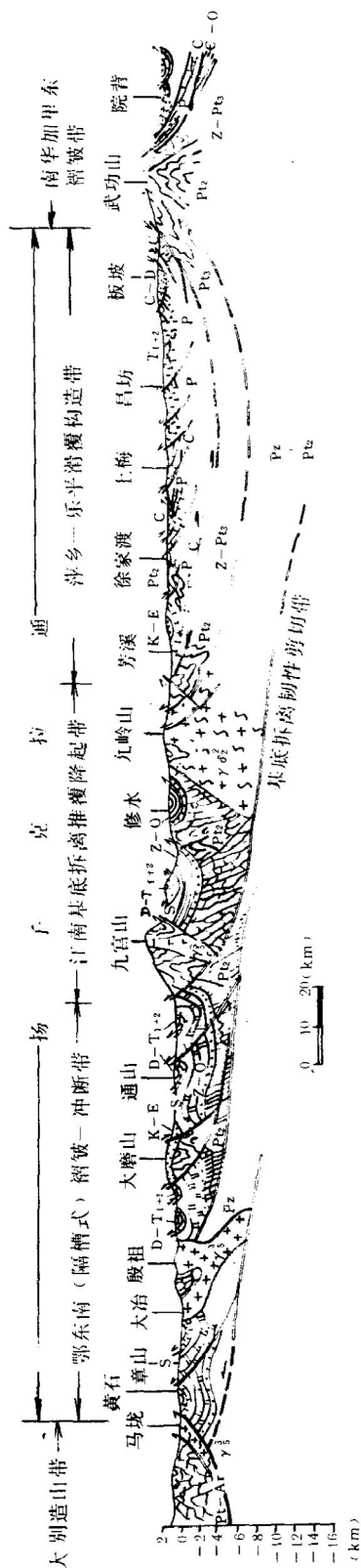


图3 黄石-武功山构造地质剖面图

(据丁遵佳、孙岩资料编制)

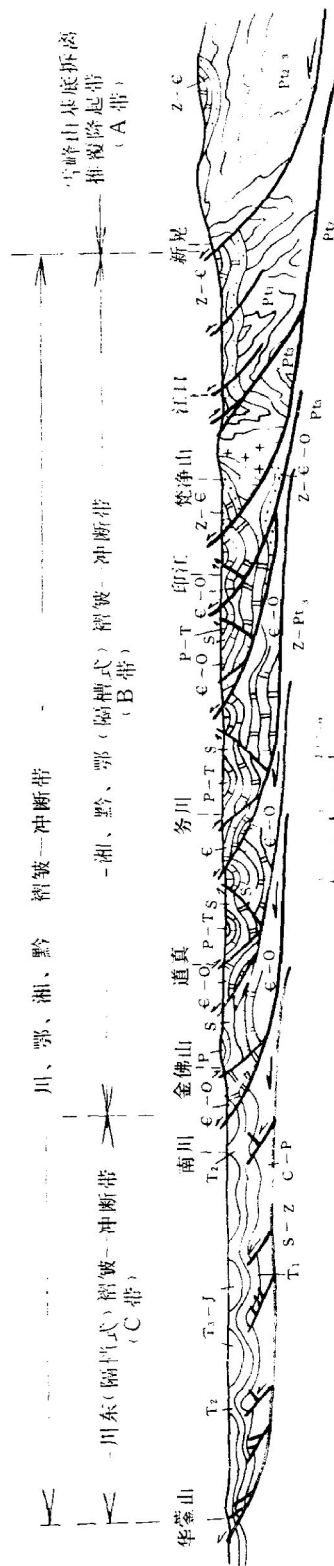


图4 华蓥山-雪峰山构造地质剖面图

总体呈向北西方向突出的弧形,东南侧的梵净山、大磨山一带,中元古界梵净山群(双桥山群)向北西方向逆冲在震旦-寒武系之上。它们是作为这一褶皱-冲断带后缘在断弯作用下由于断层底板爬升而形成的双冲构造而出现的。从它主要的拆离滑移面 S_I 也是在基底岩系中,并与江南-雪峰推覆隆起带的基低拆离韧性剪切带在深部归并的趋向看,是其推覆作用的结果。

断层底板经过爬升之后,主要的滑移面是位于震旦系南沱组砂砾岩层与中元古界浅变质板岩之间的 S_I 面。齐耀山-金佛山断裂之间的席内褶皱,是在断展作用和滑脱作用机制下形成的同心褶皱。背斜是宽阔的箱状,核部出露寒武-奥陶系。向斜狭窄,呈线状,主要是由上古生界及中、下三叠统组成的不对称至倒转向斜褶皱,向斜底部大多以勺状断层使其滑脱在志留系之上(S_{II} 滑移面)。与主滑移面(S_I)斜交的分支前冲断层多发育在背、向斜交接部位。每一逆冲岩席的断坪部分往往是变形相对较弱的“稳定部分”,常发育有被志留系页岩层所覆盖保存的寒武-奥陶系大型挤压滑脱背斜或断展褶皱。金佛山背斜隆起既是湘黔鄂隔槽式褶皱-冲断带前缘在断弯作用下的双冲构造,也是作为川东隔档式褶皱-冲断带的后缘隆起出现的。挤压应力在此经过再次释放后,断层底板再次爬升,川东隔档式褶皱-冲断带的主滑移面已是志留系页岩的 S_{II} 拆离面。

(2) 川东隔档式褶皱-冲断带

在志留系 S_{II} 主滑移面之上的上古生界及三叠、侏罗系,以上三叠系底部的膏盐层作为次滑移面分为上、下两个构造亚层。上构造亚层的上三叠统-侏罗系形成无劈理的隔档式同心向斜褶皱;下构造亚层的中、下三叠统和石炭-二叠系在窄背斜核部形成带有反冲断层组合、对冲断层组合、前冲分支叠瓦状断层组合的褶皱。从断层在褶皱核部脱顶部位消失及褶皱在犁式断层的断坪部位趋于平缓的特征分析,这些席内褶皱也是在断层扩展和滑脱褶皱变形机制下的产物。华蓥山断裂和背斜既是川东隔档式褶皱-冲断带的逆冲前缘,也是整个川鄂湘黔褶皱-冲断带的逆冲前缘。导源于江南-雪峰基底拆离的、向北西方向挤压应力和前缘的递进演化的连续变形,由于华蓥山断裂的再一次释放和川中刚性地块的抗拒而终止了向西的扩展变形。

整个川鄂湘黔-苏皖南褶皱-冲断带在鄂中拗陷和鄂东南地区呈近东西向延伸,由于基底刚性地块范围小,又受到大别造山带向南仰冲推覆改造,所以仅表现为一个狭窄的隔槽式强变形的褶皱带,而缺乏川东式的弱变形逆冲前缘。在下扬子区的苏皖南,江南推覆隆起带前缘的隔槽式褶皱-冲断带的前锋至少已达含山-宁镇山脉一线,甚至远达苏北拗陷区的建湖隆起。与中、上扬子区不同的是,由于印支-燕山期郯庐断裂的左行平移,江南隆起向北的推挤与胶南造山带整体北移相同步,因此在主要的逆冲岩席的后缘形成较大的白垩-第三纪拉张断陷沉降盆地,如句容-常州凹陷、宣城-广德-南陵盆地。它们的形成大多是沿先期逆冲断面反向倾滑的结果。中、新生代盆地的叠加,对于所掩覆的古生代地层有机质的热演化和油气的保存是有积极意义的。但中下扬子区古生代盆地还由于郯庐NNE向左行平移断裂域的肢解,大冶、殷祖、九华山等一些壳内剪切重熔S型花岗岩体的侵入等,而使得由南向北挤压的递进变形的连续性和完整性受到破坏和歪曲,给油气勘探工作增加了一定的难度。

3. 赣中与湘中后缘滑覆构造带

江南-雪峰隆起在由南向北拆离、推覆抬升时,由于犁式韧性剪切带向北西方向逆冲的断裂前缘与向南东方向逆冲的九岭南缘反冲断层的联合作用,断坡前缘的隆起区发生顺时针的旋转抬升。其后缘和上覆的古生代地层在重力驱使下向南东方向沿 S_I 和 S_{II} 滑移面发生多层

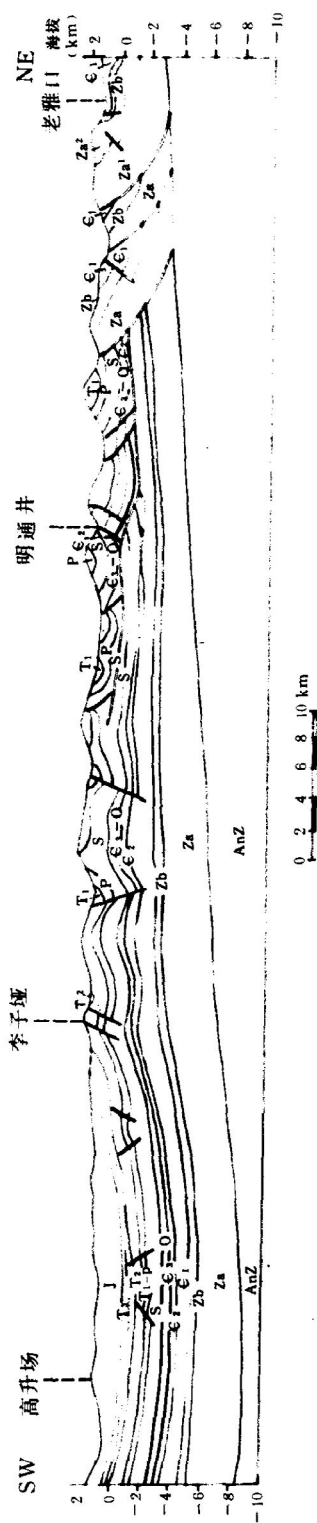


图5 大巴山前带构造剖面示意图

(引自常传炜资料)

次的滑覆。下滑岩席往往叠置在断坪部位的、前期变形相对较弱的席内褶皱上。例如赣中萍乐坳陷(图3)就可能出现古生界重叠的双层盖层结构。在雪峰山东侧的湘中涟邵坳陷,据孙岩研究(1989)这种滑覆构造是在雪峰隆起强烈的逆冲抬升之后,后缘由于应力松弛,沿先存断面反向倾滑的结果。在主滑移面上盘的滑覆体形成众多的“飞来峰”,发育一系列由上古生界及三叠系组成的、轴面倾向与运动反方向的倒转褶皱。其下滑的前沿形成新的叠瓦状逆冲前缘而显得格外的破碎和复杂。但这种滑覆席体对于下伏先存的、变形相对平缓的断展褶皱和大型滑脱褶皱中有机质的热演化和油气的保存将起积极作用。因此正确认识古生代盆地改造与保存的对立与统一的双重性,不仅启迪人们找油的新思路,也将会使中、下扬子区古生代盆地构造变形复杂区的油气勘探别开生面。

三、秦岭-大别-胶南造山带燕山晚期的前陆褶皱-冲断带的叠加改造变形

为前所述,秦岭-大别-胶南造山带在燕山晚期(113—129Ma)向扬子地台发生了仰冲推覆,推覆岩席厚5—8 km,推覆距离20—40 km,并同时发生了与郯庐断裂左行平移剪切活动相匹配的整体南移。这一活动的结果在造山带的南侧,西起米仑山前的广元-旺苍构造带、大巴山前的城口-明通井构造带,向东经鄂中地区的京山-武汉构造带直到苏北滨海复背斜构造带,形成晚燕山-早喜山期的、由北向南逆冲的前陆褶皱-冲断带。它叠加和改造了扬子区北缘先期(印支-早燕山期)由南向北逆冲的川鄂湘黔-苏皖南前缘褶皱-冲断带,从而形成现今的南北对冲的构造格局。

在大巴山前(图5)*,以下震旦统底面为主滑移面的叠瓦式的逆冲断裂带,首先是发育于山前的城口一带,向南随挤压应力的递进衰减和断面爬升,至明通井一带过渡为以下寒武统为主滑移面的褶皱-

* 常传炜等,川东北构造圈闭类型与评价,1989。

走向延伸的湘黔鄂隔槽式褶皱-冲断带。后者仅在南部的松滋-洪湖-咸宁-通山一线至黄石之间留下了近东西向的轴线。

在下扬子区的北部,滨海复背斜是作为胶南造山带向南仰冲推覆挤压形成的前陆褶皱-冲断带而出现的。它的自北而南的褶皱和逆冲构造变形的前锋线,可能已达全椒-泰兴县一线,同样也是叠加和改造了前期由江南推覆隆起带向北挤压形成的苏皖南前缘褶皱-冲断带。

四、古生代盆地基底拆离式构造与可能的油气圈闭模式

根据上述对中、下扬子区古生代盆地基底拆离与盖层多层次滑脱改造方式的分析,可提出中、下扬子区古生代盆地油气圈闭类型和领域的预测模式(图6):

1. 基底拆离韧性剪切带上盘的推覆隆起带;

(1) 反冲断裂下盘的掀斜断块三角区圈闭;

(2) 断坪部分被滑覆岩席所覆盖的下古生界滑脱褶皱圈闭与断展褶皱圈闭(突起构造)。

2. 基底拆离韧性剪切带下盘的前缘褶皱-冲断带

(1) 断坡前缘下盘的X形节理组;

(2) 断坪部分的席内古生界断展背斜和滑脱背斜圈闭;

(3) 隐伏逆冲前缘的突起构造和双冲构造圈闭;

(4) 褶皱-冲断带后缘的、由于弹性松弛和反向倾滑形成的中、新生代拉张断陷盆地(K_2 -E)所覆盖的席内断展-滑脱背斜圈闭、古侵蚀面残山圈闭和披覆背斜圈闭。

这仅仅是一些预测性的主要圈闭样式,相信随着扬子区古生代盆地油气勘探的不断深入,其油气领域将会得到进一步的拓展和获得令人鼓舞的新突破。

参 考 文 献

[1] 秦德余、吉让寿等,石油实验地质,1987;9(2)。

[2] 朱 夏,海洋地质与第四纪地质,1987;9(3)。

[3] 丁道桂等,石油实验地质,1987;9(3)。

[4] Rodgers J., *Am. Jour. Sci.* 1987; 287: 661—692.

BASAL DETACHING REFORMATION OF PALEOZOIC BASINS IN CENTRAL AND LOWER YANGTZE REGIONS AND THEIR HYDROCARBON PROSPECTINGS

Ding Daogui Zhu Ying

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuzi)

Chen Fengliang

(Shandong Institute of Building Material Industry, Zibo)

Liu Bing

(Tongji University, Shanghai)

Abstract

The Indo-China movement derived from the closure of the Tethys resulted in subduction of the Yangtze and North China Platforms to Dabie-Jiaonan Orogenic Belts. The polyphase and multilayer basement detaching and thrust-nappe of Qinling-Dabie-Jiaonan Orogenic Belts resulted in super-imposition of a series of nappe sheets in different grades, different scales and different deformation intensities, which was the main tectonic style for the formation of the orogenic belts. The orogenic belts then obducted to the Yangtze and North China Platforms with the displacement of 20—40 km respectively during late Yenshanian.

In the process of the northward subduction, the Yangtze Platform itself had been experienced the reformation dominated by basement detaching and multilayer decollement of caprocks. The NE - near EW trend Sichuan, Hubei, Hunan, Guizhou-Jiangsu, South Anhui frontal folding-thrusting belt which formed under the northward compression-overthrusting of the Jiangnan-Xuefeng basement detaching napping-uplift belt was superimposed and further reformed by the NW - near EW trend foreland folded-thrust belt caused by the southward obduction and thrusting-compression of the Qinling-Dabie-Jiaonan Orogenic Belts. Finally, the tectonic framework of opposite thrusting formed at both the south and north sides of the Yangtze Platform.

The main trap types for hydrocarbon accumulation may occur at the following places: the trailing adge of basement detaching-thrusting uplift belt, the decollement folds

at the faulted flat overlain by gliding nappes, X-type joint groups at footwall ramp, the fault-extending-decollement folding superimposed by Meso-Cenozoic fault-depressed basins within the faulted flat of lower thrusting sheet, the monadnock on ancient erosive surface, the mixed folds of high and duplex thrust structures at blind thrust front.