

下扬子区构造演化中的黄桥转换事件 与中、古生界油气勘探方向

张永鸿

(华东石油地质局, 南京)

下扬子区由南黄海刚性陆核及其克拉通周边地带组成。它由南大陆离裂而来,同其它地块一起在中生代拼贴于华北地台而成为其增生地体。地体碰撞造就了遍及全区的对冲推覆构造系统和走滑断裂系。黄桥转换事件(K_2)后,全区纳入西太平洋构造域,发育白垩-第三系断陷盆地。上述过程决定了该区油气地质环境的复杂性。从晚期成藏、持续生油等观点出发,最有利区在苏北-南黄海盆地,其中又以盐城-宁国一线以东地域为最佳。

关键词 下扬子区 构造演化 黄桥转换事件 中生界 古生界 苏北-南黄海盆地 油气勘探

作者简介 张永鸿 男 55岁 高级工程师 石油地质

下扬子区,系指长江下游,郟城-庐江断裂与江山-绍兴断裂所夹地域。西端在九江与中扬子区相接,向东铺展到整个南黄海。研究区主要是陆上部分。

近期工作发现,下扬子区在早、晚白垩世之间曾发生一次重要事件——黄桥转换事件,使全区构造格局发生了前、后性质相反的变格。油气富集规律随之亦异。油气勘探方向必须适应这种变化,作相应的调整。

一、变质基底的早期聚合—晚期分割

下扬子及邻域的基底特征如图1所示。

据HQ-13地质地球物理剖面揭示,该区在上地壳层的盖层之下,有浅变质岩系和深成变质岩系,后者以高地震波速、高电阻率、高磁场强度、高密度为特征,前者则相反。使该区变质基底具有双重结构特征^[1]。

高精度航磁测量表明,深变质岩系呈团块状分布而浅变质岩系将其环绕。最大的一块位于建湖以东、大丰以北地区,与南黄海中部之正平缓磁场联成一体,可统称之为南黄海陆核。时代属早太古—晚元古代。陆核外围,尚有图1所示若干小型块体散布。其中的一块在连云港附近曾被矿坑揭露,是椭圆形混合花岗岩体。内含各种变质岩残留碎块,曾命名为胸山系。其上被年龄 $>1900\text{ Ma}$ 之早元古代锦屏组不整合覆盖。锦屏组以含磷的高绿片岩相为特征、广

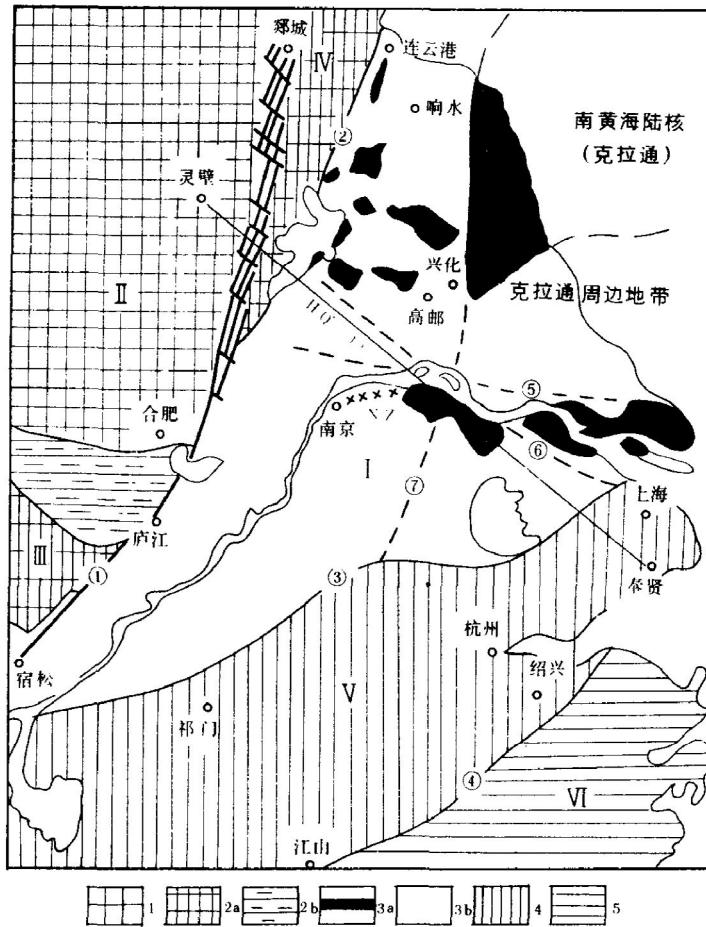


图1 下扬子区及邻域变质基岩分布示意图

1—华北晚太古代基底, 2a—大别群晚太古代基底, 2b—多时代混合基底, 3a—晚太古—早元古代基底, 3b—元古代基底, 4—中元古代基底, 5—多时代混合基底; I—下扬子地块, II—华北地块, III—大别地块, IV—胶东地块, V—江南地块, VI—南华地块; ①—郯城-庐江断裂, ②—连云港-黄梅断裂, ③—九江-湖州断裂, ④—江山-绍兴断裂, ⑤—镇江-南通断裂, ⑥—嘉山-崇明断裂, ⑦—盐城-宁国断裂, NZ—宁镇山脉

泛出露于郯庐断裂以东边缘地带, 在宁镇山脉东段的常州地区近年也有报道*, 年龄 1771 ± 5 Ma。

按朱夏概念^[2], 胸山系应是地台的基底, 而锦屏组分布的外围地带便是“克拉通周边地带”。是“地台中稳定部分到外缘活动带之间沉积加厚、岩相不断变化”的柔性基底环带。

江南隆起**及钱塘地区至今未见太古界及下元古界。最老的上溪群年龄 1450 Ma, 其下直接埋藏蛇纹石化斜长辉橄岩、堆积相辉长岩等古老洋壳。属中元古代。

华夏隆起可能是江南与南华地块之间地体群的堆集地带。沿江山-绍兴断裂杂乱地出露陈蔡、龙泉、鹤溪三类岩群***, 时代分属早元古代、晚元古-早古生代和晚古生代。此外尚有时代更新的杂岩零星出露于沿海地区。

上述过程均发生在晚白垩世以前。进一步分析图 1 看到, 下扬子地体内的晚太古—早元古代基底的块体边界, 具有平直多边形特征, 表明已受到晚期断裂切割并发生了相互离裂、拉分和右行走滑。前述 HQ-13 线大地电磁测深发现岩石圈底有受软流圈熔蚀迹象, 熔蚀带电阻率从 $>10000 \Omega\text{m}$ 降到 $50 \Omega\text{m}$, 呈高峰形态嵌入到 $-50 \sim -60 \text{ km}$ 浅处。表征软流物质的底辟上升 (图 2)。显示早期缝合聚合的地体在后期重又发生离散, 其内部亦因张裂而分割为若干离散型地体。最显著者为图 1 虚线所示的盐城-宁国断裂和嘉山-崇明、镇江-南通附近的走滑断裂带。当然, 还有众所周知的郯城-庐江断裂。盐城-宁国断裂是一个宽

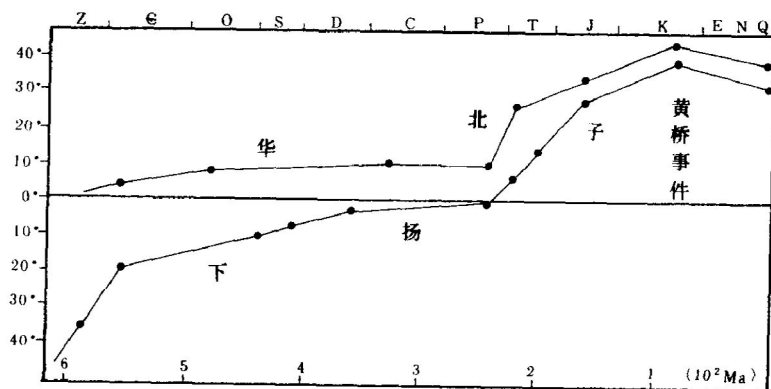
* 闵庆魁, 1986。

** 指长江以南的江西北部、安徽南部、浙江等地广泛分布的前寒武纪沉积岩区, 为加里东造山期形成的隆起。

*** 浙江省地质志, 1989。

图 2 HQ-13 线大地电磁等电阻率曲线 (单位 $\times 10\Omega\text{m}$)

古地磁测定成果表明*, 下扬子地体具有早期从南半球向北移动, 同华北地块拼贴, 成为华北地台增生地体, 黄桥转换事件后又与华北地台同步南移, 与中国东部拉分断陷发育期相呼应的特点。以南京地区(今纬度 32°)为参考点的下扬子地块古纬度同以石家庄地区为参考点的华北地块古纬度^[3]的数据对照, 可看出以下特点(图 3):



(2) 两地块在震旦纪时相距甚远, 纬向差距达 3000 km 以上, 足可容纳古秦岭洋, 后因

* 何礼章等, 下扬子地区古生代古地磁研究及地质意义, 1990。

下扬子北移速率大,使两地块古纬度逐步靠近,才导致地体碰撞和古秦岭洋关闭等地质事件发生。

(3) 晚白垩世起,两地块同步南移,标志着拉张时期的来临,这个时期所发生的事件,就是本文将要探讨的黄桥事件。

(4) 按自然延伸趋势分析,早震旦世晚期下扬子尚处在南半球靠近极圈的高纬度区,发育了南沱组、蓝田组或雷公坞组冰水沉积,而此时华北已在赤道附近,故有南北震旦系的显著差别。其后,两地均在南、北半球低纬度位置,沉积了富含有机物质的各类中、古生界油源岩。

晚震旦世以来下扬子区沉积盆地的演化,在黄桥事件之前,受地体漂移、拼贴过程所制约。其历程大体如下:

一台两盆阶段(Z_2-O_3):以南黄海刚性陆核为基础,发育碳酸盐岩台地。自里而外依次出现陆棚相、盆地相带并向洋壳过渡,形成独立的沉积体系。当时台地的北面,是南华北先期从同一大陆离裂时形成的古秦岭洋。台地的南面,据王文耀等(1989)研究得知,当时是一宽阔的洋盆,地层展平后宽度超过1000 km,物源来自东方某一稳定陆块。尽管情况还不够明朗,但当时的陆核南北邻接洋壳则是无疑的。以此为背景,下扬子区形成了一个中央台地(主体在今南黄海)和两侧两套陆缘盆地的“一台两盆”格局。北部海盆称滁县海盆,南部海盆称休宁海盆。盆内沉积均以黑色泥岩、硅质岩、暗色细粉晶灰岩等富含有机物的地层为主,成为南、北两大油源区。

南北两盆对称发育的格局在奥陶纪末的地质事件中结束。由于华南洋壳俯冲,华夏地体(陈蔡岩体)随之碰撞拼接,江南隆起地壳上拱,在杭州-德兴一线发育了裂陷槽,于潜组(O_3y)近岸浊积岩堆积。北部盆地则因物源供给不足,发育为五峰期(O_3w)薄层硅质岩饥饿盆地沉积。

以北部盆地为主体的陆表海阶段(S_1-T):在此阶段中,南部海盆已经消失,并因随后的龙泉、鹤溪等地体群不断加入而成为越来越高隆的物源区。只有在海侵高峰期才被部分淹没。

志留纪以后,沉积中心全部移到北部海盆,上古生界各组一级的岩相图均具南浅北深,海侵由北向南超覆的特点。

聚敛型陆相湖盆阶段(T_3-K_1):由于下扬子地体向华北地块逼近,海盆逐步淤浅,至晚三叠世演变为膏盐建造、红色碎屑建造和含煤沼泽建造。

上述各发展阶段在地层记录中留下种种沉积间断、假整合和不整合现象,被划分为多个

况(图4):

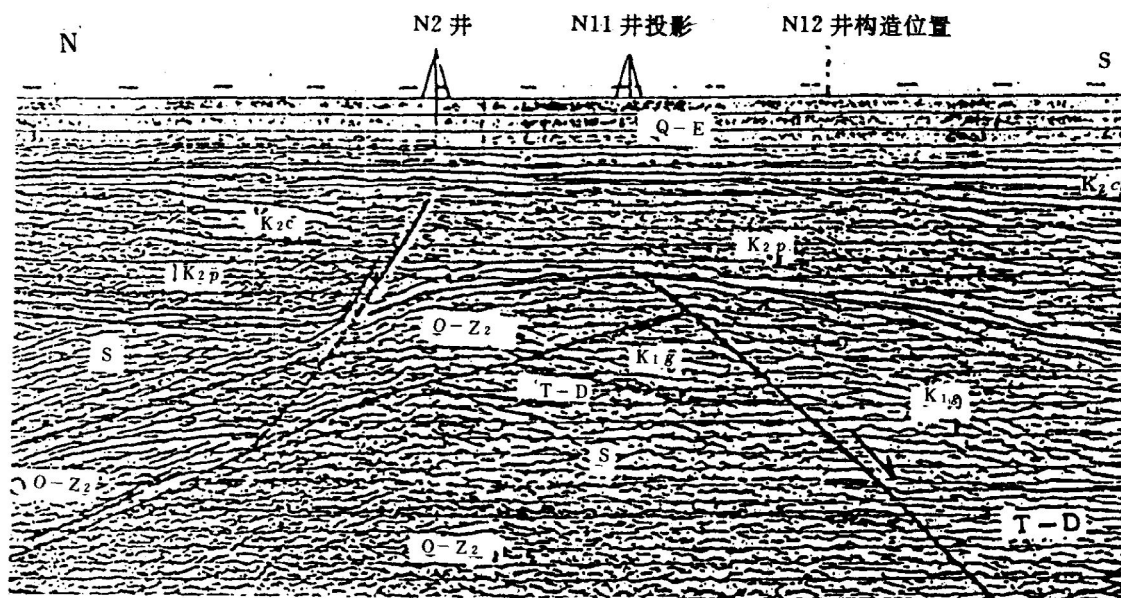


图4 黄桥连井剖面

N2井——穿浦口组见寒武、奥陶系。下有断层角砾岩，似有白垩系红层成分；

N11井——穿浦口组见震旦系，其下穿过逆掩断层面见葛村组(K_{1g})；

N12井——见浦口组盖覆于葛村组上，其下又不整合覆盖于二叠系之上。

由此证明早期挤压与晚期拉张的转换发生在早、晚白垩世之间。其它佐证尚有：

(1) 在此之前为流纹岩和安山岩喷溢，此后转变为拉斑玄武岩喷溢。

(2) 此前板块由南向北运动，此后板块转变为由北向南运动(图3)。

(3) 下扬子区逆掩推覆体系波及的最高层位为葛村组。逆断面波组自下而上穿不过T₁²波，即限制在浦口组底砾岩之下，某些“例外”是后期重力断层或走滑断层的迁就、利用所致。

(4) 中、新生代上叠盆地的基本形式是重力断层控制下的箕状断陷，边界断裂具有边沉积边断裂的同生断层性质。受此类断层控制的最老地层为浦口组，该组原始沉积厚度在同生断层控制下随基底掀斜而向深凹带增厚、向斜坡带减薄。其下的葛村组则被这种后期断裂切断。

(5) 下扬子区内分布最广的不整合面为浦口组底部之不整合面。在苏北-南黄海盆地内，浦口组是盖覆于中、古生界褶皱基础之上的第一套盖层。其底砾岩遍布于各地褶皱山顶和潜山头。

(6) 黄桥事件的出现，与西太平洋方面的板块活动时间表同步。该时期正是太平洋板块俯冲活动减弱并转向大陆拉分期(D. Hilde, 1988)。

由此得知，下扬子区从区域性挤压扭动转变为区域性拉张的时限，约在晚白垩世。其标志是浦口组沉积前大面积的剥蚀、夷平作用。故以取得证据的地点命名为“黄桥转换期”。而

这一在动力学机制、运动学特征都发生根本性变化的事件,则称之为“黄桥事件”。

自黄桥转换期以来,盆地演化进入了全新的地史时期。大体上经历以下三个阶段:

广盆阶段:指晚白垩世时面积宽阔的浦口组盆地,关士聪^[4]称之为“广盆”。此时,因陆-陆碰撞而产生的地壳失衡现象尚未来得及全面调整。莫霍面下坳部位上方的推覆山带仍继续上隆剥蚀,而在莫霍面隆起区上镜象地沉降发育了晚白垩世上叠盆地,其范围遍及苏北、南黄海及苏皖南地区。早期的拉张作用促使莫霍面隆、坳突变部位首先发生表层盆倾断裂。使原属自由沉陷的广盆具有断裂边界。当时的北部边界可能在海阳-日照断裂(?),今为盱眙-响水口断裂。南界在贵池-泾县-广德-湖州-金山一线,略有曲折地沿东西方向延伸,称贵池-金山断裂。江南隆起和钱塘褶皱带均被其所截,南段归上盘,称高断块,缺失上白垩统或仅见零星分布;北段属浦口组广盆。断裂沿线,多重力滑脱构造——飞来峰和构造窗。广盆内部,底砾岩之上为巨厚泥岩夹少量薄层粉砂岩,以红层为主,普遍含膏岩,局部地段富集浓缩成为大型岩盐矿床。底砾岩和粉砂岩夹层常见油气显示。由此得知,浦口组既是严密封闭的区域性盖层,又是潜在的含油岩系。

断陷阶段:热膨胀与拉张作用的加强,使白垩纪广盆逐步被强烈分割的断陷所代替。边断裂、边沉积地接受晚白垩世泰州组,老第三纪阜宁、戴南、三垛组沉积。这些断裂一般由浅向深发展,只有一部分能穿透浦口组及更深层位。断裂生长时迁就原有逆掩推覆体系中的断坡,使原逆掩推覆体回滑而成为重力断层。苏北-南黄海盆地及邻域各小盆地皆此时期产物。

坳陷阶段:随着热冷却和断块活动衰减,下扬子区从新第三纪起,逐步转入坳陷期。坳陷的范围,收缩到长江断裂带(即图1中之嘉山-崇明断裂和镇江-南通断裂之总称)以北的苏北-南黄海盆地。长江断裂以南则相对缓慢上升。向南到江南隆起的上升幅度更大。在此中央下坳的总背景下,已有的大型断裂进一步加强。盆地北部仍以盱眙-响水口断裂为界;盆内则以长江断裂和贵池-金山断裂为界,截出高、中、低三个断块。高断块内的江南隆起和钱塘褶皱带至今仍保持上升趋势;处在中断块的苏皖南各地,缺新第三纪沉积,原埋深较大的断陷亦因剥蚀较深而成为狭窄的山间盆地,有的(如直溪桥盆地)残存老第三纪末期浓缩的岩盐建造,有的(如角直盆地)仅留有泰州组以下地层,更多的盆地仅见浦口组乃至葛村组;在低断块——苏北-南黄海盆地,则见盐城组(N_{2y})广覆,从苏北西部向东微微倾斜,铺展到南黄海水域,以河流相为主,向东偶见海相夹层。后者目前认为生油条件较差,但储、盖条件良好,已发现多处面积较大的短轴背斜和其它类型构造。其中某些小型圈闭已证实为天然气藏和幔源的氦气藏。

值得注意的是,中断块(苏皖南)与低断块(苏北)之间,从HQ-13线和根据重力计算作图得知莫霍面起伏甚微,均在32 km左右。表明大规模沉降活动早已结束并趋向回升,地壳应变的动力,可能以区域性扭动为主。据地震观测及地表分析,区内北北东向扭断裂的性质已从原左行压扭转变为右行张扭。这样,盆内的某些大型深断裂有可能变为深部幔源气和碳酸盐岩裂解 CO_2 气的通道。在盐城-宁国错移断裂带边缘的黄桥构造上,近邻断裂的钻井中 CO_2 、 N_2 等非烃类气体充满程度极高而烃类显示则集中在远离断裂之井内,表明 CO_2 已顺断裂上涌,灌入原有油气圈闭,发生洗溶、取代作用,将油气藏改造为 CO_2 气藏。在断裂上方,则形成盐城组圈闭的He气田。在油气勘探选区时,应考虑上述情况。

四、黄桥事件中的构造变革和找油方向

由于黄桥事件具有“根本性转换”或“前后运动方向相反”的特征。故称黄桥事件为转换事件,而将其发生时期称为黄桥转换期。

黄桥事件前的构造特征,同地体靠拢、拼贴的区域性挤压相适应,以推覆构造为主。从HQ-13线等可看到北西侧深部海胶地块基底由西向东逆掩推覆于下扬子基底之上;南东侧的华夏隆起和江南隆起则由东向西逆掩推覆于下扬子地块之上。形成双向挤压之势。在下扬子内部则据物探资料解释得知,存在一系列推覆拆离面(润滑层):上元古界千枚岩、下志留统高家边页岩、二叠系煤岩、三叠系膏盐岩……等等。

早期的推覆已如前述,导致古生代盆地向中央迁移,所谓晚古生代的陆表海,实质上就是当时的南北两侧共有的前陆盆地。当地体继续靠拢,挤压力继续增强,上古生界和中生界沉积物成岩并发生变形,便出现了中、古生界内部的推覆变位和变形。产生表层滑脱的对冲推覆构造体系。可以将全区推覆构造系统归结为图5所示模式。图中分为A、B、C、D四带,其中:

A为逆冲推覆体,是地体缝合线上由活动区逆冲而来的褶皱山带。海胶地块和江南隆起属之。

B为楔状掩冲带,是直接被推覆体叠覆地带的剥蚀出露部分,密集的断裂呈楔状散开,向活动盘方向收敛。

C为滑脱构造带,是在推覆驱动下原地岩体同滑动体之间水平拆离的地区。表现为断坪,构造较为舒缓。

D为对冲带,由原来的共有前陆演变而来,表现为复杂褶皱中的宽向斜。由于两侧逆掩活动的时间不完全一致、应力的不均衡分布等原因,对冲带在平面上往往呈波状弯曲并被剪切断裂错开,对冲带之两侧也可以出现个别反冲现象。

从地震剖面中看到,在推覆系统的滑脱构造带(C带)内部,由于力源传递过程中应力的积累和间歇性释放,出现了次一级的分带系统。分别称a、b、c、d带,其中:

a带为次一级的推覆前缘,下古生界或较老的地层沿断坡爬升到新地层之上。

b带为次一级的楔状掩冲带,上、下盘地层因牵引而在此表现为复杂的逆冲倒转、密集的逆掩断层将地层切割成密集的断片。

c带为次一级分类系统中的断坪所在,上下地层沿主要滑脱面顺层拆离、滑动。通常是上层复杂,下层简单,往往出现较完整的推覆背斜圈闭。

d带为对冲山带,与D带相重。

a、b、c三带往往可以形成多个系列,反复出现。

下扬子区广泛发育的推覆构造近十多年来已得到地学界的公认和重视。根据上述模式 and 对比标志,已能在南通-南京地区将这些地带逐一识别而显出其规律性。

黄桥事件之后,全区转变为拉伸环境。拉伸构造的发生,则迁就已有断面。往往是推覆体(上盘)沿已有的断坡回滑,然后沿断坪的滑脱面后退。在后退回滑中伴随着掀斜运动,将原推覆断面改造为犁式的重力断层,而C带的上方,即出现上叠的中、新生代箕状断陷。原来的对冲带——D带则成为隔开箕状断陷的地垒。全区D带的位置即宁镇山脉断块褶皱山及

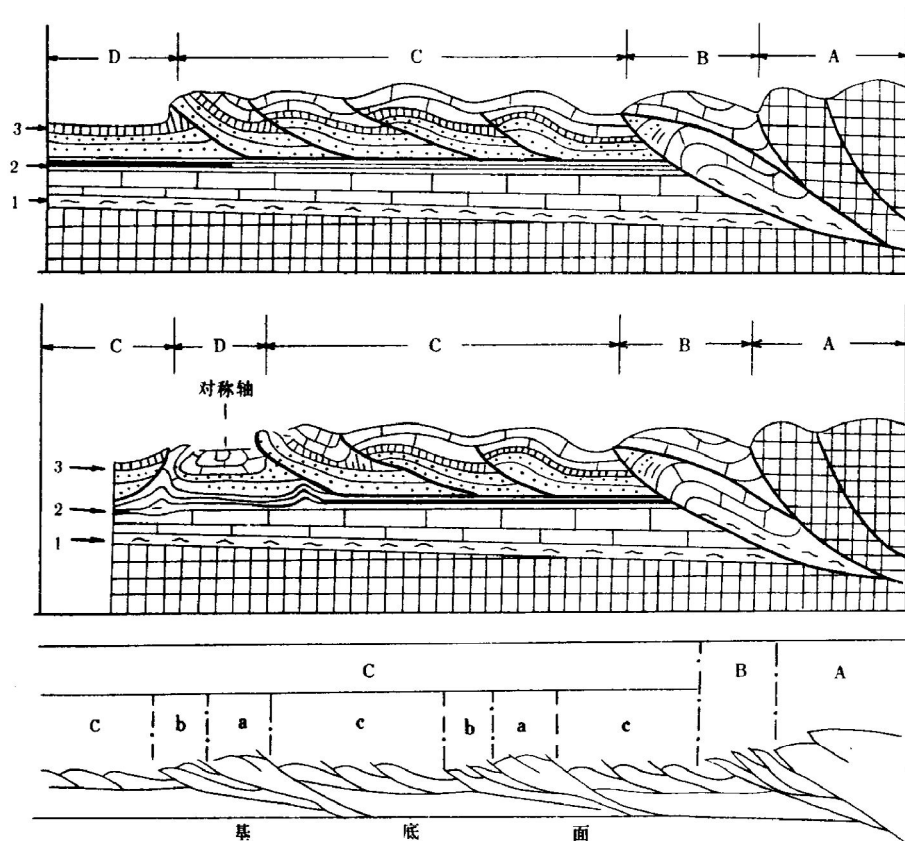


图5 南京-南通地区对冲构造分带示意图

上图中1、2、3为滑层，A—逆冲推覆体，B—楔状掩冲带，C—滑脱构造带，D—前陆；中图与上图相同，仅D改为对冲带；下图表达在滑脱构造带C带中又可分出次一级的逆冲推覆系统，含义与大写字母相同

其自然延伸带。此带以北的箕状断陷为南断北超；此带以南的箕状断陷为北断南超。陡缓变化恰与其下的推覆褶皱山带相吻合。

上述建造和改造的过程可用图6概括。

本文之所以在众多构造运动事件中突出黄桥事件，并强调其为转换事件，正是为了澄清前后两大找油环境的相互混淆。二者的分界就在黄桥转换期，此期以来的构造改造，打破了原有的盆地系统和油气富集方式。

就油气生成和保存的环境而言，原先“油源区”中的高断块已剥露，老油藏在后期改造中变为遍布各地的沥青脉及稠油砂。中断块浅部油藏被改造为断块油藏，在缺乏盖层之处逸散成为遍地油苗，显然对找油不利；出路在滑脱推覆面及小盆地覆盖下，那里应有油藏保存。更现实的地带则在低断块，该区在黄桥转换事件后仍持续沉降。井中吸附丝化探证明，该区内、古生界生油岩只要未超过生油窗，仍在继续生油。苏南句容地区的三叠系甚至因埋深不足，至今的热演化程度仅达褐煤阶段。相反，在火成侵入体附近则已过熟。

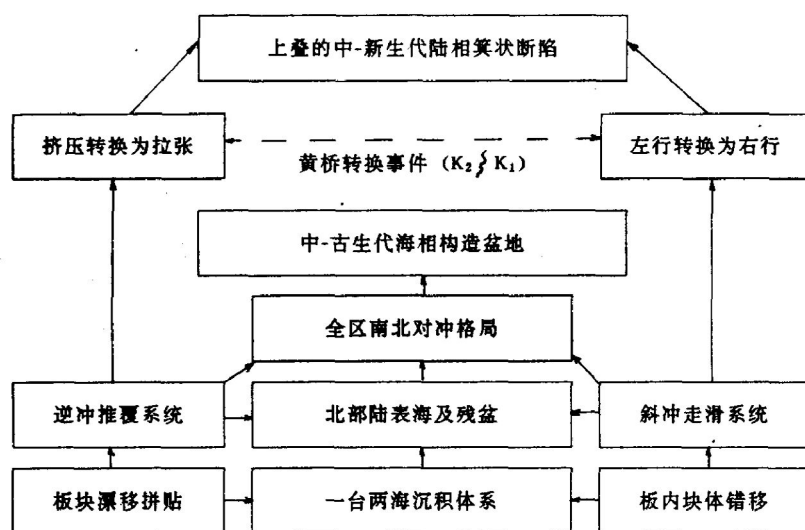


图6 下扬子盆地演化及动力学机制图解

(图中箭头表示因果关系)

就圈闭类型而言，推覆滑脱面（志留系）下的下古生界缓背斜，推覆褶皱中的背斜及断层圈闭，上覆上三叠-下侏罗统缓背斜，浦口组底部披覆背斜及其下之潜山不整合面，箕状断陷陡坡断阶带古-中-新结合的复合圈闭，乃至盐城组内的缓背斜，都有机会形成油气田。但因推覆构造勘探难度过大，只宜作为探索目标长期坚持而不宜操之过急。

从晚期成藏和连续生烃有利的观点出发，下扬子区中、古生界油气最易富集的部位应在侏罗、白垩系这种层位靠上的圈闭之中。因而最有利地区应是苏北-南黄海盆地，其中又以盐城-宁国一线以东地区为最佳。

参 考 文 献

- [1] 陈沪生，石油与天然气地质，1988，9（3）。
- [2] 朱 夏，石油与天然气地质，1983，4（1）。
- [3] 翟永建等，地球物理学报，1989，32（3）。
- [4] 关士聪，关士聪地质文选，地质出版社，1988。

HUANGQIAO TRANSFORM EVENT IN TECTONIC EVOLUTION OF LOWER YANGTZE REGION AND THE MESO-PALEOZOIC HYDROCARBON EXPLORATION TARGET

Zhang Yonghong

(East China Bureau of Petroleum Geology, Nanjing)

Abstract

The Lower Yangtze Region consists of the rigid nuclear area of the South Yellow Sea and the cratonic peripheral belt. It was an accretionary terrain formed by the splitting of the south continent and piecing up to the North China Platform with other blocks during the Mesozoic. The terrain collision resulted in ramp-nappe structures that the Jiaodong massif in the northwest part napped southeastward and the Jiangnan Uplift in the southeast part napped northwestward, and slidding-fault system in the whole region. A series of nappe detaching planes existed in the Lower Yangtze Region, which were actually the foreland basin between the folded mountains in the south and north sides. After the Huangqiao transform event (K_2), this area was brought into the Pacific Ocean structural domain and changed into tensile environment which developed Cretaceous-Tertiary fault-depressed basins. The above mentioned evolution process determined the complexity of the oil-gas geological environment. It is considered that favourable place for hydrocarbon exploration is North Jiangsu-South Yellow Sea Basin, the best of which is the area to the east part of Yancheng-Ningguo line.