

中国东部含油气盆地的构造迁移

王 同 和

(石油工业部地球物理勘探局, 涿州)

摘 要

本文根据中国东部盆地的地质、地球物理和钻井等方面的实际资料, 综合论述了各种类型盆地的构造迁移及其与油气时、空分布规律。最后初步讨论了太平洋板块向亚洲大陆俯冲对中国东部盆地构造迁移的影响, 指出深部地质作用是产生浅层盆地构造迁移的动力来源。

关键词: 构造迁移, 含油气盆地, 动力来源

构造迁移是含油气盆地发展演化过程中十分普遍的地质现象。它系指在一定的地球动力环境中, 盆地的构造变形、岩浆活动、沉积作用、成油过程、油气运移与聚集机制等随着盆地的演变而循一定的方向的变化规律。鉴于构造迁移对于评价新区的油气远景、预测油气藏序列和深化老区的认识并开拓油气新领域、新类型、新深度, 以及探讨油气区的地球动力学等基本问题均具有重要意义。本文就中国东部, 其中包括海域在内的盆地油气田时、空分布规律, 利用构造迁移观点进行了合理解释。最后提出了太平洋板块不同时期以不同方式向亚洲大陆有节奏地俯冲和大陆地壳向大洋方向间歇性蠕散、滑移及其不均一性拉伸变薄对该区盆地构造迁移影响的考虑。

一、中国东部盆地的形成与演化

中生代以来, 夹峙在古太平洋和古特提斯碰撞带之间, 几经拼合的古亚洲东部稳定陆块, 经历了不同于以往的构造变动。随着太平洋板块增长所产生的新库拉-太平洋板块扩张脊朝北北西向挤压扭动, 中国东部陆壳渐趋活化, 随之解体。以北北东向占绝对优势的压或压扭性断裂并伴以频繁、强烈的岩浆活动大量出现, 终于打破了长期来南北挤压的势态^[1,2]。大致以太行山-武陵山为界, 三迭纪-中侏罗世时期, 在东隆西拗的背景上的西部大面积沉陷, 形成了以鄂尔多斯、四川盆地为代表的大型拗陷盆地; 而在东部则发育了平行于挤压应力方向的小型断陷盆地。晚侏罗世-早新生代时期, 古亚洲东和东南缘发生了安第斯碰撞^[3], 改变了东隆西拗的势态。西部的鄂尔多斯、四川盆地逐渐抬升、萎缩; 而东部在总体隆起的背景上, 则引张作用加强, 断块普遍发生破裂与陷落。此时典型的晚中生代盆地是东北的松辽盆地。华北地区等经历了晚白垩世-古新世的剥蚀、夷平之后, 继之而来的构造面目为之一新, 区域性的裂

陷作用普遍加强,如渤海湾-南阳-泌阳-江汉盆地及更东的苏北盆地等,往往追踪或迁就北东、北北东向断裂为主,或呈雁列,伴以北西、北西西向断裂。前者常被后者截切或以隆起间列,共同围限与发育了一系列大型断陷盆地。晚第三纪,印度板块与欧亚大陆地壳碰撞^[4],我国西部大面积隆起,鄂尔多斯、四川盆地的西缘挤压应力加强;其东地区因受太平洋板块俯冲带东移的影响,渤海湾、江汉和苏北盆地等由断陷转化为拗陷盆地,而大陆边缘的东海、南海诸盆地则快速沉陷,并在盆地的东侧逐渐形成新的沟、弧、槽体系^[4]。总的来看,中国东部盆地的发生、发展与形成,具有自西向东依次演化,时代由老变新和强度由弱变强的递变规律。表现为盆地呈阶梯式下降和沉积区依次东移,其时、空分布如图 1 所示。

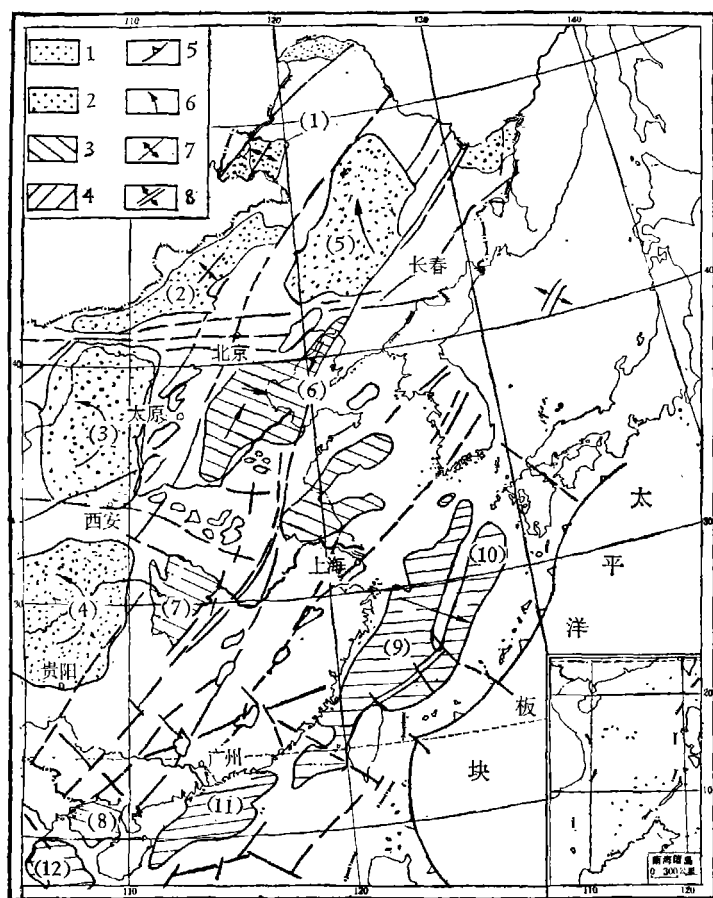


图 1 中国东部含油气盆地分布图

(1)海拉尔盆地,(2)二连盆地,(3)鄂尔多斯盆地,(4)四川盆地,(5)松辽盆地,(6)渤海湾盆地,(7)江汉盆地,(8)北部湾盆地,(9)东海陆架盆地,(10)东海陆架前缘盆地,(11)珠江口盆地,(12)莺歌海盆地; 1——板内拗陷盆地, 2——板内断-拗陷盆地, 3——板内断陷盆地, 4——板缘盆地, 5——俯冲带, 6——沉积中心迁移方向, 7——构造双向迁移, 8——张裂构造带)

十分引人注目的事实是,油气的空间分布与中生代以来继承性下陷的断块盆地基本一致,尤其是盆地的构造-沉积类型及其演化机制,决定着盆地油气藏类型和油气富集程度,反映了中国东部油气区成油的特点。特别强调的是,随着生油中心的迁移,总是有相应的油气藏序列

围之呈环带状或半环带状展布,表明油气短距离运移和就近富集的特点。文献中也曾有不少这方面的报道^[5,6]。客观事实使我们深刻认识到,中国东部盆地的构造迁移及其所控制的生油中心,油气藏序列亦随之迁移的特点是一种十分普遍的规律。

二、中国东部含油气盆地的构造迁移特点

中国东部盆地发育有早晚之分,衰亡亦有先后之别,加之盆地基底性质、受力状态和边界条件变化的不同,逐步形成各自独立的沉积体制和构造类型。因而,其构造迁移方式各具特点。

1. 大型拗陷盆地的构造迁移特点

该类盆地多发育在刚性基底断块上,其形成期基底尚未遭受破坏,仅以基底断块整体翘倾为主。因此,在盆地发育演化过程中,其沉积中心有明显迁移现象。如鄂尔多斯盆地,在盆地发育早期,受印支运动影响^[7],上三迭统延长组的内陆相沉积的区域走向呈北西西向展布,非补偿型沉积拗陷中心位于盆地的西南侧(图2)。不对称盆地的东北翼极其宽缓,而西南翼相当陡窄,因而沉积体呈楔形。晚三迭世末-早侏罗世初,盆地经历了短暂的抬升、剥蚀,造成西高东低、北高南低的古地形。继之,东西向挤压应力增强,东部强烈翘起,西部边缘产生逆断和褶皱。受其影响,水体明显北移,延安组湖相沉积中心迁至延安附近。中侏罗世基本继承了前期基底东仰西倾的特点,水体扩大且北移,直罗、安定组沉积中心及其岩相带展布呈南北向。盆地西侧的最大沉积厚度累计可达3000m,具有补偿型沉积性质。早白垩世,为盆地末期沉积旋迴,表现为沉积范围逐渐缩小和湖水总体向西退移,沉积中心迁移到天池-环县南北一线,从而结束了大型拗陷盆地的发育史。

综上所述,鄂尔多斯盆地基底断块有规律地翘倾运动,控制了盆地沉积中心呈反时针逆转。饶有兴趣的是,四川盆地的沉积中心亦具有类似的迁移特点^[8],这为研究大区域的地壳翘斜运动提供了线索和依据(图1)。

2. 两拗夹一隆盆地的构造迁移

这种盆地多发育在华力西褶皱带基底上。因基底较年轻,刚性程度低。因而,地堑窄而长、小而深,盆地结构特点为一组倾向相反成对的阶状断块相向滑移,构成两拗夹一隆的构造格局。现以二连盆地为例阐明此类盆地的构造迁移特点。

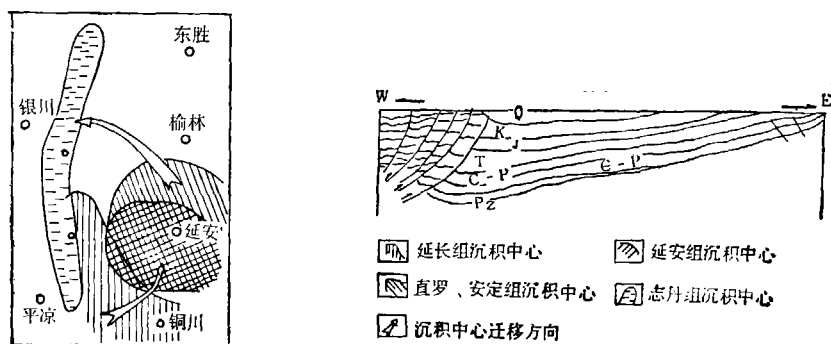


图2 鄂尔多斯盆地中生代沉积中心迁移图(据孙肇才修改)

(左为平面图;右为剖面图)

二连盆地是在晚侏罗世大规模岩浆喷发背景上,地壳预热松弛、变弱,尔后冷却脆化,抗张强度减小,普遍发生断块张裂与陷落的。盆地发育初期,其张应力是由出现在伴生热穹形隆起区中的地形负载均衡上升产生的,因此在隆起脊部两翼曲率最大部位最易于被拉开,然后重力引起横向陷落,打破了原来的重力均衡,势必进行新的重力调整。继之,相邻的断块又逐步分离产生新的断裂或断陷。因此,靠近中央隆起带两侧断裂形成早、活动时间长、落差大、切割基底深;远之,断裂活动依次变晚、时间变短、断距也小。因而,由这样一组具有递变规律断裂控制均衡下沉的断陷,其沉积中心势必有明显的迁移规律。所以,近靠中央隆起带两侧的断陷形成早、规模大、沉积厚;远之,断陷依次发育较晚、规模逐渐变小、沉积厚度相应变薄(图 3)。

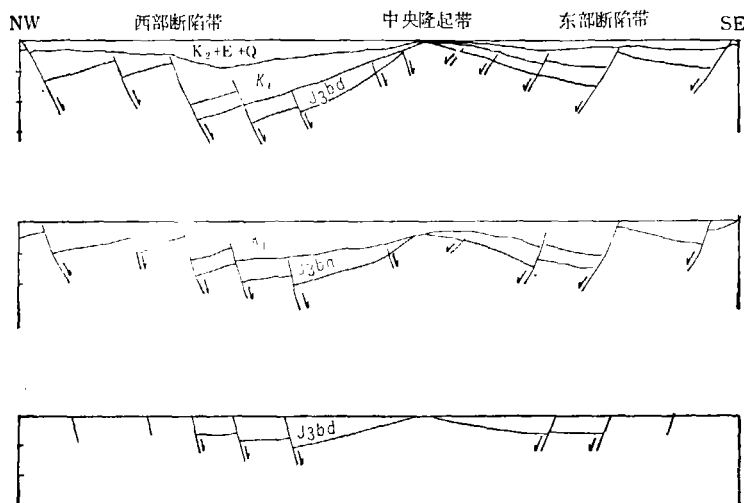


图 3 二连盆地构造迁移阶段剖面图

从石油地质角度考虑,靠近中央隆起带两侧的断陷地层重叠、加厚,不仅有利于烃类的转化与保存,而且众多的同沉积构造圈闭有利于油气的富集。这一认识已得到石油勘探实践的验证^[9]。地处同一构造单元,而勘探程度较低的海拉尔盆地亦具有类似的构造格局和构造迁移规律,在石油勘探时应给予重视。

在此值得提及的是,晚白垩世以来,由于盆地东侧大兴安岭的隆升,隆起带以东的断块受到抬斜作用;而以西的断块掀斜作用则得到进一步的加强,致使盆地拗陷期的沉积中心由东向西迁移。因而,西部断陷带更有利于油气的生成与保存^[11]。

3. 大型断-拗陷盆地的构造迁移特点

这类盆地以松辽盆地为代表,它是晚中生代以来逐步发育起来的典型断-拗陷盆地。三迭纪时受高地温场影响,因而地壳穹形隆起并遭受剥蚀,以普遍缺失该时期沉积为特征。侏罗纪,断裂活动和裂陷作用逐步加强,形成呈北北东向展布的垒堑系。断陷中期,明水-孤店断裂带和喇嘛甸断裂活动强烈,断层两盘地层厚度相差达 2000—3000m,反映了断陷期的地堑沉积速率快 (296m/a)、厚度大等特点。早白垩世初,地壳渐变冷却,弹性回返,盆地均衡下沉,致使断陷期的东部沉积中心逐步消失,较早进入拗陷发育阶段;而西部仍处于断陷或断-拗陷过渡阶段。嗣后,盆地断裂活动减弱,整体转为拗陷发育阶段,表现为大面积沉降为特征。总的

看来,盆地东部沉积范围有所缩小而厚度减薄;西部沉积范围则不断扩大而厚度增加。盆地沉积中心具有明显的由东向西逐步迁移之势(图4)。晚白垩世,盆地抬升,湖盆收缩,面积减少,沉积厚度减薄,此期的湖盆沉积中心又向西移约30多公里。新生代以来,盆地东(南)剧烈抬升、隆起,而西部又沉积了300—400m的松散沉积物,反映了盆地的沉积中心继承性向西迁移的特点^[12]。值得指出的是,伴随着盆地的变形和沉积中心的迁移,特别是生油中心的西移所形成的大庆长垣,为特大油田的形成创造了极为有利的地质构造背景。

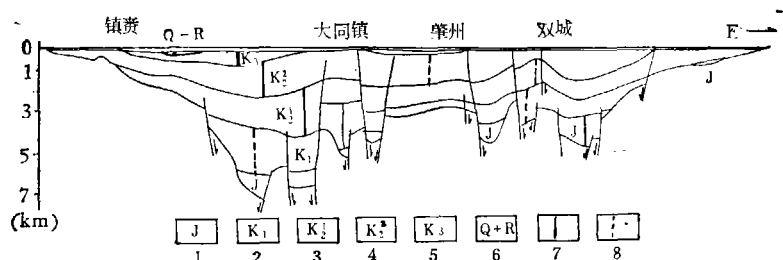


图4 松辽盆地各构造层沉积中心迁移横剖面图(据程学儒)

(1——侏罗系构造层, 2——下白垩统构造层, 3——中白垩统上部构造层, 4——中白垩统下部构造层, 5——上白垩统构造层, 6——新生界构造层, 7——主沉降轴, 8——次沉降轴)

4. 渤海湾盆地的构造迁移特点

渤海湾盆地是中、新生代发育起来的裂谷盆地。晚白垩世末的燕山运动, 该区整体抬升, 经古新世剥蚀、夷平之后, 始新世裂谷作用加剧, 相继发育了一系列以补偿型沉积为主的、沿北东和北北东向断裂分布的地堑、半地堑系。它们的发生、发展与衰亡均具有明显的阶段性和规律性。总的来看, 随着时间的推移, 断裂活动及其同沉积物由西向东依次变新, 断陷的萎缩与消亡也是由西往东逐步演化。如冀中拗陷的西部断陷带, 于始新世—渐新世沙四段 (E_K-E_{s4}) 时期为主要的沉降区, 而东部断陷带, 在渐新世沙三至沙二段 (E_{s2+3}) 时期才沦为主要的沉陷区, 此时前者则已萎缩、形变抬升(图5, 上), 当黄骅拗陷的西部断陷带以渐新世沙三至沙一段为主要沉陷阶段时, 而冀中拗陷的东部断陷带则逐步萎缩; 在渐新世沙一至东营段时期, 黄骅拗陷的东部断陷带快速沉陷, 而其西部的断陷带则逐渐萎缩、变形; 从渐新世末以来, 盆地的沉陷区已从西部迁移到渤中拗陷。这种由西往东, 断陷带依次产生, 同沉积物逐渐变新, 断陷带的变形与封闭亦由西往东依次前移的递变规律, 也决定了盆地生、储、盖层的组合以及油气藏类型的变化规律^[13]。又如下辽河裂谷, 这种构造迁移规律更为明晰。在中生代的裂谷扩张前期, 走向为北东、倾向为北西的断层控制着断块向西掀斜; 而在沙三至沙一段末的裂谷强烈扩张却改变了断块的掀斜方向, 而断块的倾滑与旋转则由西向东逐渐加强, 致使裂谷期的沉积和生油中心明显东移(图5, 下)。渐新世末, 随着引张应力的衰减, 便产生了北东向逆断层和与其共轭、倾向南西的阶状正断层, 因而导致了局限性的断陷沉积转化为大面积拗陷沉积, 从而形成了裂谷盆地成纵向序列的双层结构, 其拗陷沉积则由北往南依次增厚。与此同时, 济阳拗陷的沉积也由南往北叠积, 从而发育了以渤海为中心的晚新生代拗陷盆地^[6]。

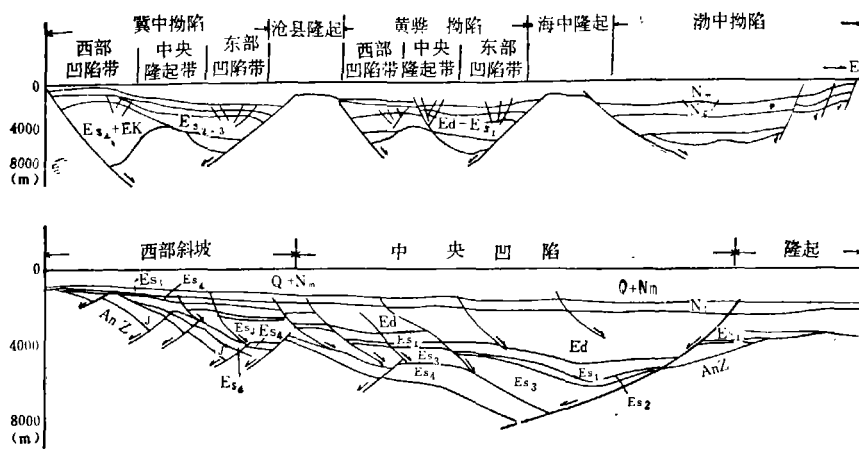


图 5 渤海湾盆地(上)和下辽河裂谷(下)构造迁移横剖面图

5. 海域盆地的构造迁移特点

海域盆地的沉降带多沿主导的北北东向断裂成排成带、正负相间排列,并具有一定的间距性和明显的向洋迁移性。现以东海盆地为例说明海域盆地的构造迁移特点。该盆地在地层和构造方面具有不同的结构、不同的成因机制和不同的演化历史,即从西至东依次为陆架盆地、陆架前缘盆地和海槽盆地(图 1 和 6)。由于太平洋板块向亚洲大陆俯冲和大陆地壳向大洋方向不断蠕散、滑移和增生,因此,东海盆地的断裂作用和沉积作用由西而东依次加强和层位变新,即具有向洋迁移的规律。如上述三个盆地主要发育期分别为晚白垩世至中新世、中新世中晚期至上新世和第四纪。这使得东断西超的不对称式断陷,自西而东一个比一个发育晚,下降幅度大,沉积厚,反映了中新世中晚期的盆地范围向东大幅度推进。但于晚中新世后,因太平洋板块向西进一步俯冲加剧而发生了强烈的弧后扩张,大陆前缘盆地随之诞生。从晚中新世至早上新世,断陷横向扩张,垂向深陷逐步剧烈,由此扩张而产生的东西侧向压应力,导致远离俯冲带的陆架盆地发生强烈变形和褶皱,甚至出现反向逆冲断层,致使中新世中晚期的沉积中心向西方向迁移,即与主导迁移方向相反的迁移。如西湖拗陷东侧的断层由正转逆,地层皱褶,形成了浙东长垣。

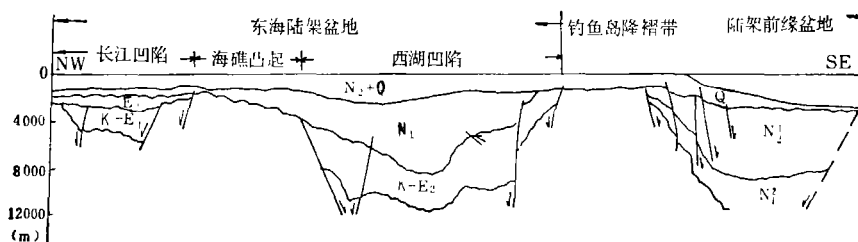


图 6 东海盆地构造迁移横剖面图(据地质矿产部)

盆地的断陷期,在断裂一侧形成陡坡。因断距大、下沉快、沉积厚,造成富含有机质的沉积物迅速充填,后因水平挤压作用产生背斜构造或长垣,成为油气富集的场所。这已被工业油气流井所证实^[14]。

此外,莺歌海和南海盆地的发生、发展与扩大亦具有向洋迁移的规律。从构造类型的横向排列大致反映出盆地的演化序列。从时间推移看,扩张强烈的地区和海进层位的加积均具有向大洋方向迁移的递变规律^[2]。

三、构造迁移与油气的关系

构造迁移既然与中生代盆地的形成、演化密切相关,而在中国东部油气区又十分普遍。那么,从构造变动控制沉积建造分布和岩相带特点来分析,特别是考虑到对石油与天然气的迁移与聚集,其意义更为重要而独特。

从油气勘探观点着眼,无论是稳定的地块内部,还是活动的大陆边缘,构造迁移控制着区域或一个大型盆地的定向发展与演化。一般而言,随着盆地的不断发展,从早期的非补偿型沉积到中期补偿型沉积广布和后期超补偿型沉积直至盆地萎缩,而有利于油气生成多在沉积广布或稳定沉积期。应力强烈活动引起构造变形的中晚期,则多是油气运移、聚集的时期。因而,中后期定型的各种类型的构造圈闭对油气富集起着重要的控制作用。如松辽盆地的大庆长垣和东海盆地的浙东长垣,特别前者已形成特大油田并非偶然。

在一个大型断陷盆地内,构造迁移往往使基底断块呈阶梯状沿一定方向均衡下沉。因而,生、储、盖层及其组合方式势必沿同方向迁移,相应的油气藏序列亦有所不同,特别是在一个构造迁移明显的盆地内,油气藏具有分带特点。如渤海湾盆地尤其在断裂发育早、切割基底深的冀中拗陷,生油岩直接与基底岩石接触,这十分有利于形成上生下储型古潜山复式油气藏。如任丘大型古潜山油气藏占该拗陷储量的绝大多数。而冀中拗陷东侧的黄骅拗陷,则多为同沉积构造,如逆牵引背斜、同沉积断背斜等油气藏占主导地位。再往东至渤中和济阳拗陷,因而断裂活动晚、生油层系新,则为下生上储型,如披覆背斜、地层尖灭等油气藏占优势。综上所述,自西而东,油气藏类型由上生下储型→自生自储型→下生上储型,在平面上具有明显的分带性。这不仅具有理论意义,而且更具有实际价值。

在辽河裂谷区,油气藏类型及其分布明显受基底断裂和同生断裂所控制。如在西斜坡发育潜山-超覆-岩性尖灭油气藏;在深凹陷则发育逆牵引-泥丘刺穿-披覆背斜等同沉积构造油气藏;而在东部陡坡带则多发育断鼻构造-逆冲断背斜油气藏,其平面分布亦具有鲜明分带性。

在大型拗陷盆地内,因基底断块没有破裂,差异活动在短距离内不明显。因而,盖层构造简单,其构造迁移仅表现为沉积中心的迁移。此外,该类盆地多发育时间长,具有多成油期、运移期和聚集期阶段,其生、储、盖配置关系亦较为复杂。如鄂尔多斯、四川盆地最为典型。因而,从构造迁移,尤其是从沉积中心迁移的观点着眼,探寻其油气藏的时、空分布规律尤为重要。

综上所述,则不难看出,构造迁移控制着含油气盆地的生、储、盖层及其组合方式,特别是油气藏类型的分布规律。因此,在石油普查勘探时,应首先搞清盆地的构造层的数量、类型及其在时、空上的组合方式,然后再结合其他石油地质条件,探讨构造迁移与油气藏类型的分布关系,以利于制定相应的勘探程序和方法,这样就能收到很好的效果。

四、构造迁移的动力机制探讨

中国东部油气区的构造迁移与油气的时、空分布有着明显的相关性。然而,产生构造迁移的动力机制则是值得进一步探讨的课题。按板块构造观点,印支期古特提斯海的扩张产生朝

北东方向的推挤力,封闭了残余的秦岭-淮阴和右江海槽,随之形成了沿褶皱带走向一侧分布的大型拗陷盆地。约在侏罗纪初,随着太平洋板块增长所产生的新库拉-太平洋板块扩张脊朝北北西向运动^[10],中国东部的构造格局发生深刻的变化,致使原来北西西向的大型拗陷与隆起转为北东-北北东向展布。晚侏罗世一早白垩世,太平洋板块向亚洲大陆俯冲、潜没,由此而产生的地幔热对流使大陆地壳逐渐拉伸、变薄,在内蒙古东部和东北地区相继发育了一系列断陷盆地。晚白垩世一早第三纪,太平洋板块俯冲方向已由原来的北北西转为北西西^[13]。受其影响,先后又形成了渤海湾、江汉和苏北等盆地。晚第三纪,印度板块与欧亚陆壳碰撞和太平洋板块俯冲带的东移,迫使中国东部大陆地壳不断向东蠕散、滑移或仰冲,东海、南海等边缘海盆地相继形成。从上述盆地的空间分布、发育时序,尤其是从火山活动、热流值和地壳厚度等方面资料分析^[10,16],中国东部盆地的演化趋势是洋壳不断消亡,陆壳逐步增生。据此认为,太平洋板块有节奏地向亚洲大陆俯冲和大陆地壳不均一性拉伸变薄是中国东部盆地构造迁移的主要动力。

另一值得探讨的重要问题是深部物质运动如何诱发浅层盆地的构造迁移。近年来由于地质学与地球物理学的相互渗透,认为地壳深层断裂与浅层断裂上下并不连通。地壳深层的断裂是在上地幔上拱过程中从深部发展起来的,而浅层断裂是在上地壳侧向引张过程中形成的。夹其中间各层为不同地震波速层(高导或低阻层)相间的界面组成,而每个界面都是构造的滑脱面^[17]。当上地幔向上拱起或岩浆底辟使上地壳处于引张状态时,滑脱面组成的中间层则发生水平剪切流展,上覆浅层断块因之便发生脆性破裂、滑动或旋转。由于中间层的厚度、物性等不均一性,浅层断块盆地的构造迁移特点亦不尽相同(图 7)。如在渤海湾盆地,由一系列铲式正断层组成的断裂系,其中大多倾向太平洋板块的俯冲方向,当板块俯冲所产生的地幔热对流流向大陆上方流动时,中间滑脱面便发生水平剪切流展并带动浅层断块按一定方向滑移,旋转。因而,将出现正断层及其所夹持的块体具有递变滑动的变化规律。受其控制的沉积组合、构造圈闭类型以及油气藏序列势必随之变化或迁移。据此认为,浅层与深层构造存在着相互制约的关系,浅层构造及其活动具有诱发深层物质运动的作用;而深部物质运动是产生浅层盆地引张应力场的深部背景,亦是盆地构造迁移的动力来源。

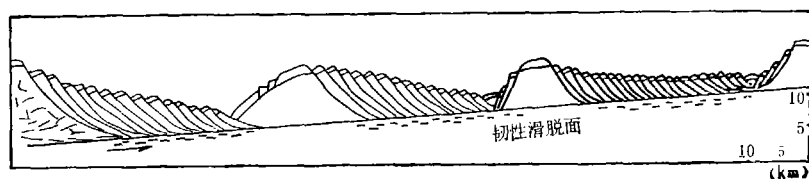


图 7 含油气盆地构造迁移示意剖面图

参 考 文 献

- [1] 任纪舜等,中国大地构造及其演化,科学出版社,1980.
- [2] 乌杏垣,地质学报,57(1983),1: 22-28.
- [3] 郭令智等,地质学报,57(1983),1: 13-20.
- [4] 时振梁等,地球物理学报,17(1974),1: 2-8.
- [5] 张万选,石油学报,1981,3: 1-7.
- [6] 李德生,石油学报,1980,4: 1-9.
- [7] 孙肇才,石油学报,1980,3: 11-15.

- [8] 赵从俊,石油学报,1984,2: 12—16.
- [10] 王同和,石油实验地质,1986,4: 314—325.
- [11] 王同和,石油学报,1986,3: 29—38.
- [12] 程学儒,石油勘探与开发,1982,6: 39—45.
- [13] 王同和,石油与天然气地质,1986,3: 274—279.
- [14] 周志武等,石油与天然气地质 1985,3: 7—10.
- [15] 杨兆宇等,石油实验地质,1984,3: 165—175.
- [16] 马杏垣等,石油实验地质,1984,3: 181—188.
- [17] 马杏垣等,地质学报,58(1984),3: 205—212.