

文章编号: 1001 - 6112(2008)02 - 0121 - 06

中国东部盆地喜山运动 幕研究现状及问题

刘士林^{1,2}, 肖焕钦³, 林 舸¹, 鲁国明³,
张德圣¹, 夏永健¹, 彭美丽¹

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所 边缘海地质重点实验室, 广州 510640;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 中国石化 胜利油田有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 渐新世末至早中新世, 喜山运动 幕促使中国东部新生代含油气盆地由断陷沉降向整体拗陷转变, 造成古/新近系地层的广泛不整合、盆内次级断层发育以及局部地区的正反构造等特征; 并且造成不整合面附近地层的沉积体系发育特征由渐新世末的滨浅湖、冲积扇和河流—三角洲相沉积为主到中新世的冲积扇—辫状河相沉积为主的转变。文中重点探讨了喜山运动 幕活动时限、剥蚀程度、对油气成藏影响以及动力学机制等仍需解决的几个关键问题。其中剥蚀恢复研究是解决这些问题的关键, 综合利用声波时差、磷灰石裂变径迹以及镜质体反射率等多种剥蚀恢复手段可以有效地研究喜山运动 II 幕的剥蚀程度。喜山运动 II 幕的成因主要存在板块碰撞导致的走滑挤压模式和岩石圈弹性回返模式的争议。

关键词: 不整合; 剥蚀; 油气成藏; 动力学机制; 喜山运动 幕; 第三纪; 中国东部盆地

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

PROGRESS ON THE SECOND EPISODE OF HIMALAYA MOVEMENT AND PRIMARY DISCUSSION ON THE EXISTING PROBLEMS IN BASINS OF EASTERN CHINA

Liu Shilin^{1,2}, Xiao Huanqin³, Lin Ge¹, Lu Guoming³, Zhang Desheng¹, Xia Yongjian¹, Peng Meili¹

(1. Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
3. Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The change of subsidence model in Cenozoic petroliferous basins of Eastern China which goes from rifting subsidence stage in the Late Oligocene to whole thermal subsidence in the Early Miocene was caused by the second episode of Himalaya Movement. This movement resulted in some typical structure phenomena which are characterized by extensive unconformity in Eogene/Neogene strata, by the formations of secondary faults, and by the positive reverse structures in local areas. Accordingly, it caused the change of sedimentary systems in the up and down strata of E/N unconformity which was characterized by shore-shallow lacustrine facies, alluvial fan and fluvial-deltaic facies in the Oligocene to alluvial fan and braided fluvial facies in the Miocene. Four key problems were mainly discussed to elucidate the movement entirely, including the active period constraints, the denudation degrees, the effect on hydrocarbon reservoirs and its dynamic mechanism. Note that denudation degree research is the most important problem to this movement. Multiple methods (e. g. apatite fission track technique, vitrinite reflectance and acoustic time method) can be effectively used to reconstruct the denudation thickness of the second episode of Himalaya Movement. About this movement, there are chiefly two possible dynamic mechanisms. One is the transpressional mechanism related to the collision of plates; the other is the rebound mechanism of lithosphere.

Key words: unconformity; denudation; hydrocarbon accumulation; dynamic mechanism; the second episode of Himalaya Movement; Tertiary; basins of Eastern China

收稿日期: 2007 - 05 - 14; 修订日期: 2008 - 02 - 29。

作者简介: 刘士林 (1982 -) 男, 博士生, 主要从事盆地分析研究工作。E-mail: liushil@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40773004) 和中国科学院基金项目 (MSGL07 - 23)。

喜马拉雅运动(简称“喜山运动”)指新生代中国大陆的造山运动^[1]。与早期地壳运动相比,喜山运动不仅所经历的时期较短,而且其在地层中留下的构造形变并未像早期构造运动留下的构造形变那样受到后期构造运动的干扰和叠加,而是较完整地保存了下来^[2]。尽管众多学者对喜山运动的活动期次划分以及各期次内构造运动表现形式的认同还存在分歧,但多接受将喜山运动划分为

幕(亦或称为早、中、晚3阶段)的划分方案。3幕构造运动中以古近纪/新近纪(E/N)之间的喜山运动幕最强烈,造成了前新近系地层抬升剥蚀,形成了在中国东、西部地区普遍发育的不整合面^[3,4]。如渤海湾盆地喜山运动幕造成渐新统东营组地层遭受抬升剥蚀不整合于中新统馆陶组地层之下,塔里木盆地中新统普遍以石膏层或膏泥岩不整合于古近系不同层位之上。

本文主要论述了中国东部含油气盆地(尤其是渤海湾盆地)喜山运动幕研究的现状以及仍待解决的几个主要问题。这些问题的解决对于了解盆地在转型时期的演化过程具有非常重要的地质学意义和油气勘探参考价值。

1 东部盆地喜山运动幕研究现状

中国东部喜山运动幕的研究多集中在渤海湾盆地,并且出于油气勘探的需要,研究多侧重于构造运动特征以及E/N不整合面上下层序沉积体系的变化特点两方面。

1.1 喜山运动幕构造特征

喜山运动幕在东部新生代盆地内主要表现为3种地质现象:1)盆地内出现区域性E/N不整合面。地震剖面上一般以双相位、中强反射为特征,可连续追踪(图1);测井曲线具突变特征;岩相、准层序组合以及地球化学特征上也有显著差异。如在南堡凹陷E/N不整合面上、下的馆陶组

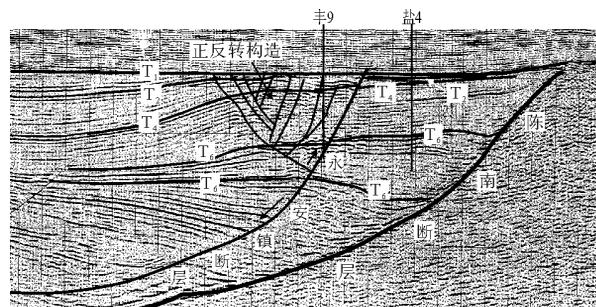


图1 渤海湾盆地济阳拗陷626.6测线正反转构造

Fig. 1 Positive inverted structure of the 626.6 seismic profile in the Jiyang Depression of the Bohai Bay Basin

下段和东营组顶部地层中,东营组顶部砂岩相对于馆陶组下段的砂岩明显富集 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Sc , Co , Sr , Cu , Nb , $LREE$ 等元素,亏损 Rb , Ba , U 等元素^[5];不整合面上下地层的生物组合面貌迥异,如渤海湾盆地馆陶组生物化石以 *Sporotraptoidites minor*, *Caryapollenites* 等为代表,而下伏东营组地层则以 *Chinocypris dongyingensis*, *C. xingdianensis* 等为代表^[6]。2)各二级构造带上形成众多依附于先成断裂的小规模次级断层,规律性差,强度较始新世断裂弱。它们未对先成断裂的构造格局造成重要影响,也未能使盆地产生大范围的伸展沉降,仅使早期形成的各类构造进一步复杂化。3)盆地局部地区(济阳拗陷陈家庄凸起南坡等)E/N界面附近发育有正反转构造^[7,8](图1)。由于盆地处在伸展裂隙末期,拉张量仍很大,发育的构造反转现象意味着大的区域性挤压应力的出现,因此对该现象的研究有助于深入探讨渤海湾等新生代盆地的构造演化过程。

1.2 E/N不整合面上下层序沉积体系的变化

喜山运动幕造成中国东部新生代盆地由断陷向拗陷阶段转换。盆地沉降模式的变化必将导致E/N不整合面上下地层中沉积体系的差异。在此以研究程度较高的济阳拗陷为例,简述沉积体系的变化特征。

依据层序地层学观点可将东营组和馆陶组下段各自划分为一个3级层序。东营组层序的早期,济阳拗陷北部的沾化、车镇凹陷东营组地层继承了沙一段后期的特点,湖盆更加发育,其中半深湖相沉积占据主要地位,沿盆地边缘零星发育一些小型的水下扇、扇三角洲,在湖盆较深部位还可形成一些浊积扇体;而东营凹陷仅在西部发现湖相沉积,见到滨浅湖的滩坝体系,东部以(扇)三角洲相沉积为主(图2)。惠民凹陷沉积体系的分布正好与东营凹陷相对应,西部以(扇)三角洲相沉积为主,东部发育湖相沉积^[9]。东营组层序的后期,由于喜山运动幕造成盆地的抬升和大量碎屑物源的供给,大型的三角洲体系广泛发育、湖水迅速退出,河流相沉积开始发育。经过较长时间的抬升剥蚀之后,湖水基本退出了济阳拗陷,拗陷整体沉降接受沉积,在拗陷大部分范围内发育了馆下段充填层序,表现为自凸起位置向凹陷中部依次发育冲积扇和辫状河流相沉积的特点。其中在馆下段沉积充填早期,济阳拗陷西南部地区仍处于暴露状态,惠民凹陷仅在临南洼陷和滋镇洼陷北部小范围内接受沉积,东营凹陷主体部位接受了厚度不大的冲积

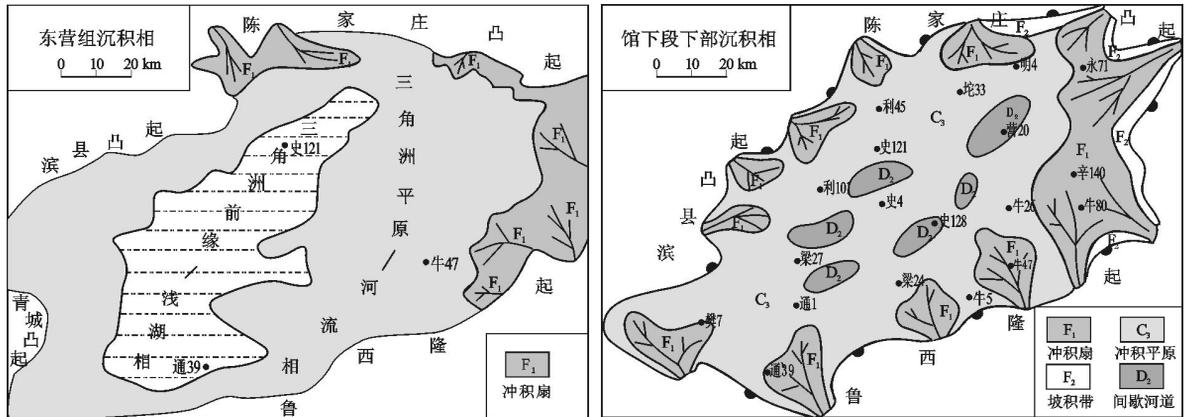


图 2 渤海湾盆地济阳拗陷东营凹陷 E/N 不整合面上下地层中沉积体系特征对比

Fig. 2 Sedimentary system comparison of the up and down strata of the E/N unconformity in the Dongying Sag of the Jiyang Depression, the Bohai Bay Basin

扇—辫状河流相沉积, 沾化—车镇凹陷则沉积了大范围大厚度的冲积扇—辫状河流相沉积。馆下段沉积充填晚期济阳拗陷除了部分高凸起外, 基本上连为一体, 与后来的拗陷期不同, 沉积中心和沉积物的厚度中心仍然位于凹陷单元的中部。冲积扇体系主要位于济阳拗陷的周缘以及内部高凸起的边缘, 凹陷的主体部位发育厚层的辫状河流相沉积(图 2)。经历了馆陶组下段的填平补齐沉积之后, 整个济阳拗陷地形高差变小, 全区形成连体式的馆陶组上段披覆沉积。

2 喜山运动 幕研究存在的问题

目前喜山运动 幕研究仍有待深入研究的问题主要是活动时限、剥蚀程度和对油气成藏的影响以及动力学机制 4 个方面。

2.1 活动时限的约束

王燮培和宋庭光^[10]指出中国东部中、新生代盆地经历有侏罗纪末、白垩纪末、古近纪末和新近纪末 4 期强烈的构造反转作用。其中古近纪末构造反转形成的 E/N 不整合面代表了地层层序的间断, 体现了沉积环境从有沉积到无沉积剥蚀再到有沉积的转变过程。该间断面缺失的地质时间包括剥蚀掉的老地层沉积所需的时间和将其剥蚀所需的时间两部分。从理论上讲, 只要对间断面的上、下地层进行测年, 就可以确定间断面所代表的间断时间, 但目前仅有测年资料表明渤海湾盆地 E/N 不整合面处地层的绝对年龄约为 25 ~ 23.3 Ma^[11], 但并无关于盆地喜山运动 幕活动大致开始时间及持续时间的年代资料。

由盆地反转造成的地层缺失使确认反转时代及反转持续时间成为难点, 而裂变径迹技术则可以

较好地解决此问题^[12,13]。其基本原理为: 沉积埋藏过程是一个增温过程, 埋藏到一定深度即可导致磷灰石和锆石等矿物产生的裂变径迹退火或部分退火, 而地壳隆升的冷却事件则可重新启动已退火的裂变径迹时钟, 从而较准确地记录盆地构造反转发生的时间^[14]。因此依据磷灰石裂变径迹的退火特性用磷灰石裂变径迹年龄和封闭径迹长度数据模拟重建沉积盆地的温度—时间历史, 可以较准确地界定喜山运动 幕的活动时限。该方法已有成功的先例, 如 Zhao 等^[15]通过运用裂变径迹技术结合镜质体反射率和⁴⁰Ar/³⁹Ar 方法研究表明鄂尔多斯盆地于 23 Ma 开始抬升剥蚀; Zhu 等^[16]根据磷灰石裂变径迹分析将吐哈盆地构造反转时代准确地定于 120 ~ 100 Ma 之间。

2.2 剥蚀程度

研究一个地层界面, 不但要判断其是否存在间断和间断的开始、持续时间, 而且要进一步确定间断所代表的剥蚀量。地层剥蚀厚度的恢复, 是正确认识 and 恢复一个地区埋藏史的关键, 是定量恢复盆地演化史, 研究含油气系统、成烃演化过程和油气资源评价必不可少的重要环节。目前恢复地层剥蚀厚度的方法主要包括地层对比法、声波时差法、镜质体反射率法、磷灰石裂变径迹法、古地温梯度法以及宇宙成因核素法等十几种方法^[17], 然而这些方法都有其自身的应用条件, 需要根据具体的地质条件及资料情况选择合适的方法或采用多种方法综合运用。

喜山运动 幕造成的中国东部地层剥蚀程度研究主要集中在渤海湾盆地, 并且地层的剥蚀量具有从凸起—斜坡—凹陷中心顺次减少的横向差异性^[18,19]。例如济阳拗陷的地层在盆地边缘由于剥

蚀时间长、强度大,往往改变了古近纪自沙四段到东营组沉积范围逐渐扩大、地层总体上层超覆的特点,反而呈现出分布范围自沙四段到东营组逐渐缩小的现象,这在东营凹陷东南坡、青城凸起北坡等许多地区都有清晰反映(图 3);同时各凹陷内的地层剥蚀量也存在很大差异,南部的惠民凹陷东营组一段完全缺失,东营凹陷东营组一段较薄,仅为 20~40 m,推算剥蚀厚度约为 200 m^[20],而北部的沾化、车镇凹陷东营组一段保存下来的厚度可达 110 m, E/N 界面上下没有明显的温度跃变和间断,体现出相对连续沉积的古地温特征^[21],表明即使存在地层间断,其剥蚀量也很小,总体上呈现出南大北小的特点,体现了当时南高北低的地貌。吴智平等^[22]运用声波时差资料研究了辽河盆地东部凹陷的地层剥蚀量,结果显示该地区地层剥蚀量在 400~1 400 m 不等,横向变化具有古河道两侧大、河道所在位置小的特点。声波时差法和地层对比法的综合分析表明江陵凹陷 E/N 间断面的地层剥蚀具有隆起带、斜坡带剥蚀厚度较大,向斜带相对较小的特点^[23]。地震地层对比法和声波时差法等方法的综合运用表明东海西湖凹陷 E/N 间断面处的地层剥蚀在凹陷东部边缘较强,可达 800 m 以上,而中央背斜带的 LJ1 井构造带等地区的剥蚀较弱,一般在 400~600 m^[24]。这些研究均表明地形高差是影响地层剥蚀量大小的主要因素,盆地边缘或隆起处剥蚀量较大,而盆地内部则相对较小。

虽然喜山运动 幕造成诸多东部新生代盆地整体抬升遭受剥蚀,但由于对地层剥蚀量的恢复研究程度较低,还未有确切资料表明这些盆地内沉积中心部位是否也受到过剥蚀作用。尤其是对渤海湾盆地,这涉及到对古近纪—新近纪过渡时期的 2 种可能的构造—沉积模式正确认识问题(图 4)。模式 1 为盆地抬升,但盆底未遭剥蚀,为连续近源

沉积;模式 2 为盆地整体抬升,盆底亦遭剥蚀,全盆地无沉积。该问题的解决还需要详细研究盆内沉积中心部位的构造—沉积特征以及采用多种剥蚀厚度恢复技术来检验该处是否存在剥蚀。如若盆底未遭受剥蚀,东营组—馆陶组地层连续沉积,则模式 1 成立,物源主要为盆地边缘隆起处遭受剥蚀的老地层;若盆底经历过短暂滞留沉积,模式 2 成立,盆地整体剥蚀,这提出了另一个重要问题,即如此大范围剥蚀造成的剥蚀碎屑被搬运至何处?此时,渤海湾盆地西部的太行山隆起、北部的燕山造山带、南部的鲁西隆起都已存在,地势较高,这排除了剥蚀碎屑向西、向南、向北搬运的可能,唯一可能的是向东搬运,但具体路径在哪里还存在疑问。这就需要仔细研究该次运动后盆地的古地理格局,尤其是大范围古水流方向的确定对该问题的解决有重要意义。

2.3 对油气成藏影响

理论上,喜山运动 幕造成的隆升剥蚀对油气的生、储、盖、运、圈、保 6 个因素均有影响。主要包括以下几点:1) 生烃滞后作用。渐新世末期中国东部新生代盆地陆续进入生排烃期,而此时大规模的抬升剥蚀、盆地降温导致了生排烃作用滞后。随着新近系的再次下沉深埋使未达门限的烃源岩达到门限并开始大量生排烃,而曾达到门限的烃源岩二次生排烃。以东营凹陷为例,凹陷存在 2 个生油阶段、3 期油气充注^[25]。第一个生油阶段是在古近纪末期,这时东营凹陷沉积中心附近的沙四上亚段烃源岩进入生油门限开始生烃。但随之发生的喜山运动 幕导致沙四段烃源岩埋深不仅没有增加,反而因覆盖层的剥蚀减薄而抬升变浅,致使第一个生油期中断;第二个生油阶段始于中新世晚期,随着馆陶组、明化镇组的沉积,沙三中、下亚段和沙四上亚段烃源岩埋深加大,相继进入生油门限,到明

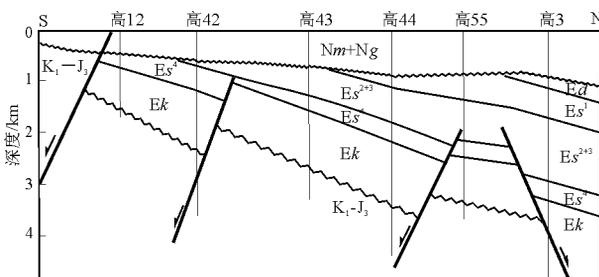


图 3 渤海湾盆地济阳拗陷 青城凸起北坡喜山运动 幕剥蚀特征

Fig. 3 Denudation characteristics of the second episode of Himalaya Movement in the north slope of Qingcheng Uplift of the Jiyang Depression, the Bohai Bay Basin

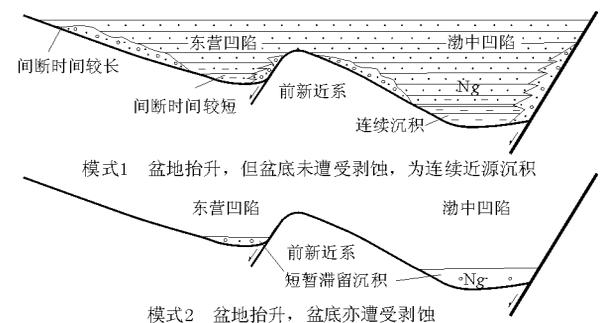


图 4 渤海湾盆地喜山运动 幕时期两种可能的构造—沉积模式

Fig. 4 Possible tectonic - sedimentary models of the second episode of Himalaya Movement in the Bohai Bay Basin

化镇末和第四纪,又相应发生了 2 次大规模的油气运聚。2) 有利于储盖层的形成。E/N 不整合面之上充填的新近纪早期地层(对应馆下段),多为粗碎屑的冲积扇和辫状河道砂沉积,可作为优质的储集层来存储油气。同时随后在盆地范围内沉积的大套巨厚泥岩,可作为区域盖层,遮挡油气的垂向运移。3) 有利于改善古近系垂向输导体系。隆升剥蚀伴随褶皱断裂,改善了新近系的垂向输导系统,有利于后期生成的油气向上运移,形成与不整合面有关的油气藏。4) 各种类型圈闭的形成,为油气运聚成藏创造了必要的构造条件。如从泌阳凹陷南部入盆的扇三角洲,由于北部翘起,形成了上倾尖灭的岩性油气藏。另外,该运动期间形成的众多次级断层使先成的构造带复杂化,使油气圈闭数量增多,圈闭面积变小,类型复杂化^[26]。5) 对早期油气藏的破坏影响。遭受隆升剥蚀的地区,早期聚集的油气藏圈闭可能遭受剥蚀破坏导致油气散失;同时与隆升剥蚀相伴随的褶皱断裂作用,可使地表水侵入早期的油气藏,发生氧化、水洗等作用,使油气质量降低变成稠油、生物降解油^[27]。

实际上,这几个方面的影响都还处在初始研究阶段,仅在东营凹陷梁家楼地区有过对油气生烃滞后影响作用的研究,尚未形成有效的理论体系指导油田的实际勘探。

2.4 动力学机制

中国东部盆地区古近纪末期的隆升剥蚀作用规模宏大,北到松辽平原,南到广东、广西,西至大兴安岭、太行山一线一直延伸到南海均存在剥蚀现象^[27]。如此规模巨大的隆升和剥蚀作用可能暗示了喜山运动 幕是一个可以沿太平洋板块俯冲带进行全区对比的古近纪末期区域性构造运动,具有一个统一的区域性的地球动力学背景。对于其在中国东部的动力学机制主要有 2 种不同的观点。

2.4.1 板块俯冲碰撞作用导致的走滑挤压

持走滑挤压成因观点的学者对其动力来源又有不同认识,其中多数学者^[10,28]认为中国东部喜山运动 幕与由太平洋板块运动方向改变造成的中国东部平移扭动有关,这种平移扭动以郯庐断裂等深大断裂的力学活动机制的改变为表现。始新世早期(约 40 Ma),由于库拉板块的消失,太平洋板块的运动方向由 NNW 向转变为 NWW 向的俯冲挤压,向西运移速度约为 90 mm/a^[29]。由于存在应力作用由东向西逐渐依次传递的过程,使得我国东部直到渐新世末期(25 ~ 23.3 Ma)才受到该应力的影响,形成了以 NWW 向为最大主压应力

方向的应力场^[30],造成了郯庐断裂等深大断裂渐新世末期由右行剪切拉开到左行剪切挤压的转变,而这些深大断裂所夹持的渤海湾等中国东部盆地的应力场则相应从左旋张扭变为右旋压扭,应力场的变化导致这些盆地由伸展裂陷转为区域抬升剥蚀,形成 E/N 间断面(图 5a)。另外,也有少数观点^[11]认为,始新世时欧亚—印度板块碰撞产生的挤压应力的远距离传递效应或者渐新世末澳洲大陆与菲律宾海板块碰撞导致的后者顺时针旋转与亚洲东部碰撞,可能才是中国东部盆地结束伸展遭受抬升的源动力。

2.4.2 岩石圈的弹性回返作用

该观点认为上述板块碰撞作用导致的郯庐断裂等深大断裂的走滑挤压机制并不能很好地解释盆地在裂陷伸展阶段的幕式沉降过程和控制盆地由伸展裂陷阶段向拗陷阶段过渡的动力学过程,并且仅靠单纯的走滑拉张活动不容易解释盆地内拗(凹)陷与隆(凸)起相间排列的格局。一般认为盆地的伸展裂陷、整体抬升以及拗陷并非直接受单纯的拉张或挤压构造应力场的控制,而更可能与盆地深部热物质的上升或沉降有着密切的联系^[26,31,32]。早古近纪,由于太平洋板块持续地向欧亚板块俯冲,印度板块向北推挤碰撞,引起中国东部各中生代盆地深部物质温度升高,产生热异常,岩石圈地幔上涌形成“地幔柱”,导致地壳及上地幔物质密度的侧向变化,岩石圈伸展减薄,使得地壳产生极大的拉张量,形成裂陷盆地^[32]。到古近纪末期,由于俯冲带的向洋后撤,上地幔受热减弱,地幔柱收缩消失,由地幔柱上涌而产生的拉张力逐渐减弱,这时均衡补偿作用可导致岩石圈发生弹性回返,负

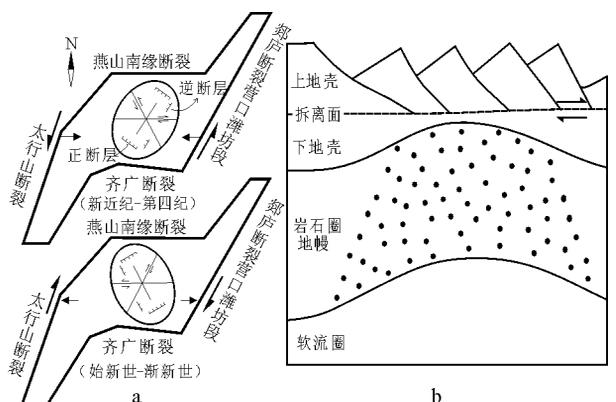


图 5 中国东部喜山运动 幕可能的动力学模式

- 走滑作用机制(以渤海湾盆地为例^[28]);
- 岩石圈弹性回返作用机制^[26]

Fig. 5 The possible dynamic mechanisms of the second episode of Himalaya Movement in Eastern China

载区会对补偿区产生侧向水平挤压,盆地构造反转,形成了 E/N 间断面。史卜庆等^[26]根据一中、新生代盆地的地壳具有水平成层和横向不均匀性,上地壳为脆性的非对称断块掀斜式的简单剪切运动,下地壳为韧性的纯剪切伸展运动,中地壳存在厚约 5~10 km 的低速高导层,可能是壳内韧性层或脆韧过渡带^[32]这一特点,结合地壳均衡原理认为古近纪裂陷盆地对应的地壳厚度及岩石圈厚度相对较小,且壳下岩石圈的伸展量明显大于地壳伸展量。当控制盆地伸展裂陷作用的动力学机制衰减并逐渐消失时,由于上地壳在经受了简单剪切伸展作用造成的不对称和具掀斜结构的伸展构造系统之后,缺乏弹性回返的作用机制,而壳下岩石圈持续发生韧性纯剪切运动,具有弹性回返的潜力,且其伸展量大于上地壳伸展量,因此上地壳受壳下岩石圈的弹性回返作用而发生被动抬升(图 5b)。当盆地抬升遭受剥蚀夷平后岩石圈的热能释放达到均衡,岩石圈变冷加厚,全区整体沉降,进入拗陷阶段。

从本质上说,对喜山运动 幕成因的解释更涉及到对东部许多中生代盆地尤其是渤海湾盆地成因的认识。近年来对渤海湾盆地成因性质争论的焦点主要在于裂谷盆地和拉分盆地上,前者强调岩石圈的伸展拉伸机制^[33],后者强调郯庐断裂等边界大断层的走滑作用^[34]。综合来看,笔者认为渤海湾盆地喜山运动 幕更可能与岩石圈弹性回返作用有关。因为从渤海湾盆地的发育过程来看,第三系地层的沉积中心、火山活动、构造沉降以及活动强度都存在有规律的迁移变化^[31],并且盆地内存在多个拗隆(凹凸)相间的排列格局,这些特征仅仅靠边界大断层的剪切扭动来解释显得很乏力;相反,岩石圈上涌机制却可以较合理地解释这些问题。但不可否认,盆地在发展演化过程中,确曾受到由郯庐断裂平移产生的剪切扭动作用的影响,并且从济阳拗陷及其内部帚状构造形态、断层平面交切关系、井下微构造观察等多方面的信息分析还表明,剪切扭动存在着右旋与左旋之间的转换,但这并不是控制盆地演化的关键因素,只对盆地内构造样式起改造作用。

3 结语

当前对于喜山运动 幕的研究还处于起步阶段,其活动时限、剥蚀程度、对油气成藏的影响以及动力学机制等基础问题还没有解决,尤其是盆地中心是否受过剥蚀问题是重中之重,该问题的解决有

益于更深入地讨论喜山运动 幕时期盆地的构造—沉积模式以及对盆地中心油气生成、运移、聚集成藏及保存的条件变化。而解决该问题需要综合利用现有钻井、测井、地震、地球化学等资料,运用多种剥蚀量恢复技术(尤其是裂变径迹方法)来准确恢复剥蚀厚度,进行与盆地的实际情况最相吻合的时间—温度热史和埋藏史模拟研究,从而正确地认识喜山运动 幕的动力学机制,认识 E/N 不整合面上下地层的古地理古地貌特征,为寻找更多有利圈闭和油气藏做一些基础工作。

致谢:感谢中国石化胜利石油管理局和地质科学院各级领导对本项研究工作的大力支持。

参考文献:

- Huang T K. On major tectonic forms of China [A]. Geol Memoirs Ser A, 1945, 20: 165
- 易明初,李 晓. 燕山地区喜马拉雅期地壳运动划分及表现特征[J]. 现代地质, 1995, 9(3): 325 ~ 336
- 贾承造,何登发,陆洁民. 中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 121 ~ 125
- 张树林,费 琪,叶加仁. 渤海湾盆地边缘凹陷的构造意义[J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 5 ~ 9
- 刘士林,林 舸,周 叶等. 南堡凹陷沉积岩化学元素分布特征及多元统计方法研究[J]. 地质与资源, 2006, 15(3): 212 ~ 217
- 姚益民,梁鸿基,蔡治国. 中国油气区第三系 渤海湾盆地分册[M]. 北京:石油工业出版社, 1994. 128 ~ 240
- 蔡希源,王根海,迟远林. 中国油气区反转构造[M]. 北京:石油工业出版社, 2001. 172 ~ 185
- 高树新,任怀强,杨少春. 渤海湾盆地济阳拗陷陈家庄凸起东段北斜坡油源特征及成藏分析[J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 73 ~ 77
- 胜利油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志 卷六 胜利油田[M]. 北京:石油工业出版社, 1993. 83 ~ 160
- 王曼培,宋廷光. 从松辽盆地的反转构造看中国东部盆地构造圈闭的形成[J]. 地球科学, 1996, 21(4): 373 ~ 382
- Allen M B, Macdonald D I M, Zhao Xun, et al. Early Cenozoic two-phase extension and late Cenozoic thermal subsidence and inversion of the Bohai Basin, northern China [J]. Marine and Petroleum Geology, 1997, 14: 951 ~ 972
- Green P F, Duddy I R, Bray R J. Applications of thermal history reconstruction in inversion [A]. In: Buchanan J G, Buchanan P G, eds. Basin inversion, Geological Society Special Publication 88 [C]. London: Geological Society, 1995. 149 ~ 165
- Hill K C, Hill K A. Inversion around the Bass basin, SE Australia [A]. In: Buchanan J G, Buchanan P G, eds. Basin inversion, Geological Society Special Publication 88 [C]. London: Geological Society, 1995. 525 ~ 547
- 朱文斌,万景林,舒良树等. 裂变径迹定年技术在构造演化研究中的应用[J]. 高校地质学报, 2005, 11(4): 593 ~ 600

表2 渤海湾盆地胜利油区石炭—二叠系断块体资源量

Table 2 Resource of block bodies in the Shengli Oil Field, the Bohai Bay Basin

断块体名称	二次生烃强度/ (10 ⁸ m ³ · km ⁻²)	二次生烃资源 量/ 10 ⁸ m ³	资源丰度/ (10 ⁸ m ³ · km ⁻²)
莘县凹陷	22.18	756.49	0.28
堂邑凸起	5.35	62.04	0.05
冠县凹陷	23.28	493.15	0.25
德州凹陷	20.44	306.01	0.24
临南—林樊家	22.49	1 683.44	0.41
滋镇—阳信	36.97	2 278.69	0.77
金家	21.26	221.87	0.23
东营南坡	25.01	1 053.08	0.54
车镇凹陷	10.00	130.20	0.11
埕东南	9.14	63.38	0.15
埕东	13.67	65.47	0.25
桩西	17.79	42.07	0.37
邵家	19.49	365.17	0.42
罗家	10.57	113.10	0.19
孤北	15.42	107.33	0.42
孤岛	4.90	12.87	0.06
孤南	7.18	98.30	0.17

参考文献:

- 1 宋国奇,徐春华,王世虎等. 胜利油区古生界地质特征及油气潜力[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2000. 1~2
- 2 胡宗全,王传刚,张玉兰等. 渤海湾盆地东濮凹陷上古生界潜山油气成藏条件评价[J]. 石油实验地质,2004,26(6):553~556,561
- 3 王果寿,缪九军,陆建林等. 渤海湾盆地济阳—临清东部煤系烃源岩形成环境[J]. 石油实验地质,2006,28(4):325~329
- 4 王颖,赵锡奎,高博禹等. 济阳拗陷构造演化特征[J]. 成都理工学院学报,2002,29(2):181~187
- 5 王世虎,夏斌,陈根文等. 济阳拗陷构造特征及形成机制讨论[J]. 大地构造与成矿学,2004,28(4):428~434
- 6 常俊合,吕红玉,郭广辉等. 下古生界碳酸盐岩生烃条件及二次生烃潜力评价:以临清地区 TG5 井为例[J]. 断块油气田,2001,8(1):13~15
- 7 侯创业,孟元林,李臣等. 成藏史的数值模拟:以渤海湾盆地文安斜坡古生界为例[J]. 石油实验地质,2004,26(3):298~302
- 8 周建林. 济阳拗陷上古生界煤成气成藏规律认识[J]. 地球科学与环境学报,2004,26(2):47~50
- 9 李荣西,廖永胜,周义等. 济阳拗陷石炭—二叠系热演化与生烃阶段[J]. 地球学报,2001,22(1):85~90
- 10 苏惠,曲丽萍,张金川等. 渤海湾盆地东濮凹陷天然气成藏条件与富集规律[J]. 石油实验地质,2006,28(2):123~128

(编辑 韩 彧)

(上接第 126 页)

- 15 Zhao Mengwei, Hans-Jürgen Behr, Hans Ahrendt, et al. Thermal and tectonic history of the Ordos Basin, China: evidence from apatite fission track analysis, vitrinite reflectance, and K-Ar dating [J]. AAPG, 1996, 80(7): 1110~1134
- 16 Zhu Wenbin, Wan Jingling, Shu Liangshu. Mesozoic-Cenozoic thermal history of Turpan-Hami Basin: apatite fission track constrains [J]. Progress in Natural Science, 2005, 15(3): 331~336
- 17 韩用兵,王良书,刘绍文. 渤海湾盆地济阳拗陷沙四段和孔店组地层剥蚀厚度恢复[J]. 高校地质学报,2004,10(3):440~450
- 18 吴智平,史卜庆,周瑶琪等. 济阳拗陷新老第三纪地层间断面研究[J]. 石油与天然气地质,1998,19(4):313~317
- 19 吴智平,韩文功. 济阳拗陷早晚第三纪沉积间断地层剥蚀量研究[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(5):320~323
- 20 吴智平,刘继国,张卫海等. 辽河盆地东部凹陷北部地区新老第三纪界面地层剥蚀量研究[J]. 高校地质学报,2001,7(1):99~105
- 21 郭随平,施小斌,王良书等. 胜利油区东营凹陷热史分析:磷灰石裂变径迹证据[J]. 石油与天然气地质,1996,17(1):32~36
- 22 杨绪充. 济阳拗陷中新生代古地温分析[J]. 石油大学学报(自然科学版),1998,12(3):23~33
- 23 卢明国,童小兰. 江陵凹陷新老第三纪间断面地层剥蚀厚度研究[J]. 矿物岩石,2004,24(1):93~96
- 24 王子煜,张明利. 东海西湖凹陷新生界主要不整合面地层剥蚀

- 厚度恢复[J]. 地质论评,2005,51(3):309~319
- 25 鲁国明. 济阳拗陷第三系地层油藏形成机制研究[D]:[学位论文]. 广州:中国科学院广州地球化学研究所,2005
- 26 史卜庆,吴智平,王继祥等. 渤海湾盆地东营运动的特征及成因分析[J]. 石油实验地质,1999,21(3):196~200
- 27 田世澄,陈永进,崔刚. 中国东部盆地晚第三纪末抬升剥蚀类型及其石油地质意义[J]. 现代地质,2003,17(2):202
- 28 陈嘉树. 济阳运动的特点及其对济阳拗陷的影响[J]. 石油实验地质,1993,15(1):86~99
- 29 Northrup C J, Royden L H, Burchfiel B C. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia [J]. Geology, 1995, 23(8): 719~722
- 30 万天丰. 论构造时间的节律性[J]. 地学前缘,1997,4(3-4):257~262
- 31 吕修祥,张一伟,李德生. 从波动观点看渤海湾盆地济阳拗陷油气田分布[J]. 石油实验地质,1996,18(3):258~266
- 32 李德生. 渤海湾含油气盆地的构造特征与油气田分布规律[A]. 见:张文昭编. 中国陆相大油田[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 120~134
- 33 陈发景. 盆地分析:伸展盆地[M]. 北京:中国地质大学出版社,1992. 82~97
- 34 侯贵廷,钱祥麟,宋新民. 渤海湾盆地形成机制研究[J]. 北京大学学报(自然科学版),1998,34(4):503~509

(编辑 徐文明)