

文章编号: 0253-9985(2005)01-0002-07

中国板块构造对油气盆地演化和油气分布特征的控制

靳久强, 宋建国

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 中国的板块构造演化表现为小陆块拼合、多旋回运动以及强烈的陆内构造变动等特征, 使得中国的古生代盆地多为台内坳陷-断陷, 陆缘盆地不发育, 且多受改造, 以至卷入造山带。中、新生代盆地则受板内构造影响, 呈多期发展与改造特征, 尤以前陆盆地发展独具中国特色。与国外典型的前陆盆地“二元”结构不同, 中国的前陆盆地具“三元”结构特征。早期被动陆缘不发育, 多以裂陷槽为特征; 前陆盆地发育阶段多以陆相为主; 晚期的强烈挤压叠加了巨厚的山前沉积。多旋回的构造运动和多期次的盆地叠加使中国的盆地多具叠合盆地的特征, 影响到烃源岩的演化及油气的运移和分布。因此, 中国的含油气系统多为复合油气系统。

关键词: 板块构造; 叠合盆地; 前陆盆地; 复合油气系统

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

Control of plate tectonics over evolution of petroliferous basins and characteristic of oil and gas distribution in China

Jin Jiuqiang, Song Jianguo

(Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing)

Abstract: Unique and complex geologic history created the characteristics of petroliferous basins in China. Plate tectonic evolution in China has been characterized by matching of microcontinents, multi-cyclic movements and intensive intracontinental tectonic events. As a result, the Paleozoic basins are mostly of intraplate depressions and rifts; epicontinental basins are undeveloped, and most of which have been reformed and even involved in orogenic belts. The Mesozoic-Cenozoic basins have been affected by intraplate tectonics and characterized by multiple phases of development and reformation, especially the foreland basins appear to have their own distinctive characteristics. The foreland basins in China have distinctive “ternary” architecture, which is different from the “binary” architecture of those foreland basins abroad. The early stage is characterized by taphrogenic troughs with undeveloped passive continental margins, and continental sediments have mainly been deposited during the development of foreland basins. The strong compression in later stage has resulted in the superimposition of very thick mountain front sediments. Multicyclic tectonic movements and multiple phases of basin superimposition have caused most of the basins in China to have the characteristics of superimposed basins, which have influenced the evolution of source rocks, and migration and distribution of oil and gas. Therefore, most of the petroleum systems in China are of composite types.

Key words: plate tectonics; superimposed basin; foreland basin; composite petroleum systems

1 构造演化

中国大陆具有复杂的板块构造演化历史。古

板块构造阶段具有小而分散的特点, 并经历了多期复杂的构造变动。大陆拼合后受周缘板块运动的影响, 又表现出多期的陆内造山与成盆作用。

基金项目: 中国石油天然气集团公司攻关课题“板块构造演化与含油气盆地形成和评价”(970212)

第一作者简介: 靳久强, 男, 47岁, 教授级高级工程师(博导), 石油地质

收稿日期: 2005-01-29

因此, 小陆块拼合、多旋回演化和强烈的陆内构造活动性构成了中国板块构造演化的总体特征^[1]。

1.1 小陆块拼合

$960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的中国大陆是由许多中小型陆块和缝合带拼接而成的。在地史演化过程中, 以中朝、扬子、塔里木 3 个大板块为核心, 集合数十个微板块或地块, 经过漫长的地史岁月逐渐拼合形成

(图 1)。组成中国大陆的古板块的规模, 远远小于北美板块和欧洲板块。中国最大的中朝板块的面积只有北美板块的 6%, 欧洲板块的 14%。中国各个古板块面积的总和也只有北美板块的 33%^[2]。因此, 国内外许多构造学者称中国的古板块为地块或地体。由于中国古板块的规模小, 使得中国大陆构造的演化以稳定性差、活动性强为特征。

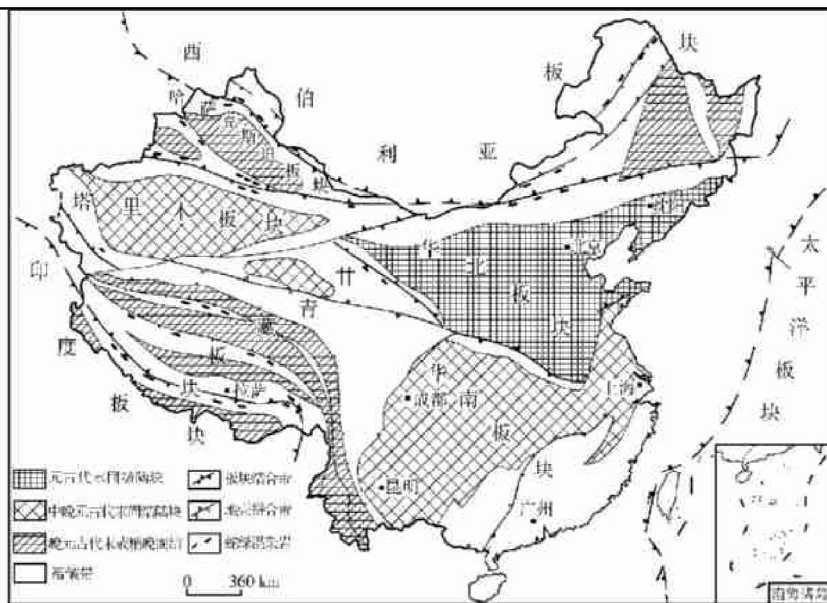


图 1 中国板块构造划分图

Fig. 1 Plate tectonic framework in China

1.2 小集群与多旋回演化

中国古板块在长期的演化过程中具有多期的活动性。中国大陆由中朝、扬子、塔里木 3 个古板块为核心组成, 演变历史异常复杂, 不仅在板块形变上遭受多期改造和变形叠加, 而且在沉积建造上形成多种沉积相的岩石, 并经受了后期改造作用。古板块演化阶段中国大陆基本上是处在冈瓦纳和劳亚古陆之间, 具有小而分散的特点。在前寒武纪 9 个主要陆块的基础上, 显生宙分裂成 39 个块体。这些块体总体上没有大幅度的漂移和转动, 但都经历了多期、复杂的构造变动。中国大陆从晚元古代到第三纪, 可划分为兴凯、加里东、海西、印支、燕山和喜山 6 大构造旋回^[3, 4]。

中国古板块运动史重建表明, 中国古板块的演化分为离散、靠拢和会聚 3 个大的阶段^[1] (图 2)。离散阶段又分为兴凯和加里东两个时期。兴凯期 (800~ 510 Ma) 为大洋扩张期。这时期的板块运动以离散为主, 且多数板块分布在赤道附近^[1]。

加里东期 (510~ 407 Ma) 的板块运动整体上呈现为顺时针旋转, 在保持扩散的状态下, 在西南表现出会聚, 华夏与扬子板块拼合。靠拢阶段主要发生在海西时期。早海西时期 (407~ 320 Ma) 表现为大陆会聚, 中国的陆块基本上处于靠拢状态, 祁连洋与西拉木伦洋闭合。晚海西期 (320~ 250 Ma) 为超级大陆形成与泛太平洋时期, 北方陆块顺时针旋转, 华南陆块向东北方向漂移与北方陆块拼合。会聚阶段分为印支、燕山和喜山 3 个时期。印支时期 (250~ 200 Ma) 全球板块运动又一次加速, 华北陆块开始逆时针转动, 与华南陆块拼合, 古特提斯洋闭合, 中特提斯洋开始扩张。燕山期 (200~ 80 Ma) 为大陆扩张时期, 板块运动又一次加速。蒙古大洋的扩张时间为 220~ 150 Ma, 在 150~ 80 Ma 完成闭合。东亚在 208~ 160 Ma 间为挤压拼贴, 160~ 110 Ma 间表现为剪切, 此时的太平洋和印度洋扩张。喜山期 (80~ 0 Ma) 的重要特征是大陆会聚, 印度板块快速北上, 与欧亚大陆碰撞、拼合。

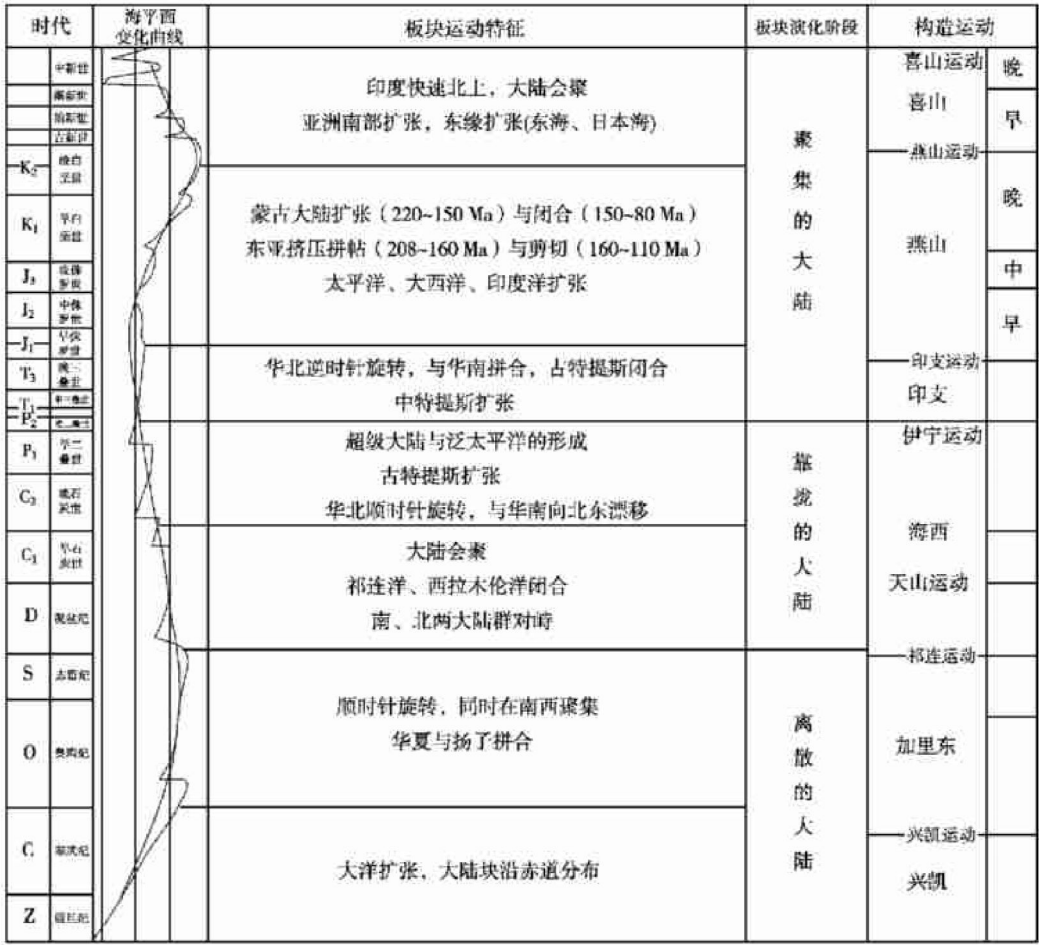


图 2 中国古板块演化特征划分

Fig. 2 Evolutional features of Chinese fossil plates

亚洲大陆的南缘和东缘扩张。

1.3 陆内构造活动强烈

中国大陆板块在古生代末和中生代早期完成拼合,形成造山带围绕稳定地块的镶嵌结构。印支运动以后班公-怒江带以北的大陆连成一片。中国的大陆是由一些小克拉通,众多微陆块和造山带组合而成的复合大陆。这一特征使得中国大陆在完成拼合后,表现出强烈的陆内构造活动性。

中国大陆内部强烈的构造活动受控于周缘板块的相对运动。受后者影响,这种构造活动表现出时间与空间的规律变化。对中国大陆内部构造活动和成盆环境有重要影响的主要有以下 3 次大的板块间运动: 蒙古-鄂霍次克洋从晚三叠世开始至早白垩世期间一直在扩张,受其影响,中国大陆北部自西向东发育了一系列的侏罗-白垩纪断陷盆地,如酒西、银根-额济纳旗、二连,蒙古的东戈壁、海拉尔、松辽等盆地。鄂霍次克洋晚白垩世末发生自西向东的关闭,使得这些盆地的发育表

现出自西向东的迁移规律。④印度板块的俯冲、碰撞和挤压作用使得青藏高原快速隆升,在中国中、西部形成大型挤压拗陷盆地。④中国大陆东缘受太平洋板块强烈俯冲影响,稳定的华北地块解体,形成多个裂谷盆地带。

周缘板块的相对运动使得拼合的中国大陆板内活动强烈,表现陆内造山与大型内陆拗陷盆地的发育,特别喜马拉雅运动,使得中西部的山脉急剧隆起,并在山前堆积了巨厚的磨拉石沉积,形成了具中国特色的前陆盆地。

2 控盆作用

2.1 古生代

中国古生代沉积以海相为主,多发育克拉通盆地,但因克拉通规模小,活动性强,经历的构造运动期次多,不整合面非常发育,地层层序发育不全,间断时间长,早期剥蚀厚度巨大。

(1) 古生代板块多为漂移在古大洋上的离散小

板块,成盆与成烃控制因素异大于同。受小块体、多动症的构造背景控制,中国的古生代克拉通盆地,不具典型的克拉通盆地特征。由于古生代盆地发育在大小不同的小陆块上,其间为具洋壳的海槽相隔,盆地具有不同的演化特征,差异大于共性。

(2) 多次拼接与汇聚,使得板内坳陷或裂陷沉积的海相烃源岩成为有效烃源岩的主体。克拉通边缘以发育陆缘裂陷为特征,其沉积物于加里东和海西发生褶皱,或被从陆块边缘截去,或被卷入造山带中。克拉通内坳陷沉积厚度巨大,可达万米以上,构造变动强烈。

(3) 古生代盆地形成早,受后期构造运动和盆地叠加发行的影响严重,保存条件成为油气赋存的决定性因素。华北地区东部受地台活化和裂陷深埋影响,成藏条件变差;华南地区后期构造活动强烈,于油气藏保存不利。古生代海相油气较有利的地区是构造相对稳定,保存条件较好的3大地区,即塔里木盆地、鄂尔多斯盆地和四川盆地。

2.2 中、新生代

古生代末期以后,中国分散的陆块全面拼接,形成了陆块与拼接造山带镶嵌而成的统一大陆。

中国大陆是一个由一些小克拉通、众多微陆块和造山带组合成的复合大陆,其地壳具有复杂的多层结构。中国大陆的造山与成盆作用大多不是岩石圈板块构造作用的直接结果,而是大陆壳的薄皮板块构造作用的结果。莫霍面和壳内低速层在中国的沉积盆地和陆内造山带形成演化中起着重要的作用,形成了独具特色的中、新生代陆相沉积盆地。

中国东部与西部的中、新生代陆相盆地具有完全不同的地球动力学背景。中国东部受滨太平洋构造域的影响,原来的稳定地区发生构造-岩浆活化作用。先是在中生代因褶皱隆起形成萎缩的陆相残留盆地,继而在新生代形成裂谷盆地。中国西部则主要受控于特提斯洋关闭时的洋壳向北俯冲以及印度板块与欧亚大陆碰撞及其后向北推挤的远程构造效应,形成了以陆内坳陷和山前及山间坳陷为特征的陆相沉积盆地。中国中部的鄂尔多斯和四川盆地因处于中国东部和西部两大构造环境的转换部位,形成了大型陆内坳陷盆地。

2.3 叠合盆地

多旋回的构造运动和多期次的盆地叠加使得中国的沉积盆地多具叠合盆地的特征(图3)。塔

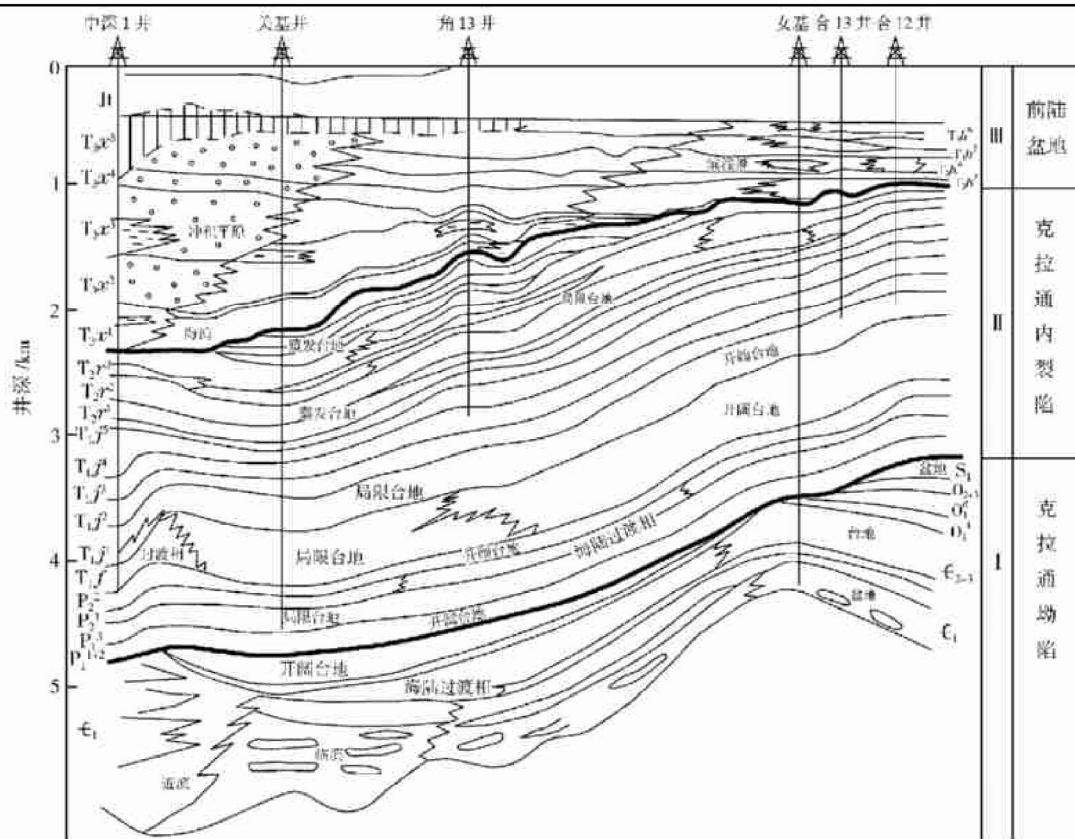


图3 四川盆地继承性叠合演化特征

Fig.3 Characteristics of inherited superimposition evolution of Sichuan Basin

里木、鄂尔多斯和四川是奠基于震旦—古生代沉积之上的多旋回叠合盆地,东部的松辽、江汉、苏北-南黄海等盆地是燕山造山期后的裂谷盆地,渤海湾则是新生代的裂谷盆地,在这些盆地之下往往发育着中生代甚至古生代的残留盆地。中国西部的准噶尔、吐哈等则是海西造山期后的多旋回叠合盆地^[5,6]。

中国的大多数含油气盆地基本上都属于叠合盆地。因此,原型盆地研究和恢复是十分重要的^[7~9]。原型盆地的研究主要包括盆地形成前的基底研究,盆地形成时的沉积体系、古气候、盆地面貌与类型以及盆地形成机制研究和盆地形成后的改造与叠加分析。不同时期、不同类型的盆地具有不同的烃源岩的沉积与展布特征。早期盆地烃源岩的油气生成和运聚不但依赖于自身盆地的发展,也受控于后期盆地的叠加与改造。现今盆地是最后一次构造运动的产物,叠加于早期盆地之上。这种叠加既可以是一种连续的继承性质,又可以是一种部分的继承关系。而部分继承实质上是通过叠加切割到部分早期盆地而作为现今盆地油气潜力的一部分。因此,盆地的叠加研究对油气勘探具有十分重要的意义。

盆地的叠合受构造运动的控制,具有不同的样式,涉及到盆地的类型、期次,以及盆地与盆地之间间隔时间等,叠合样式不同对油气潜力的影响也不同^[1,5]。继承型叠合盆地:盆地自古生代以

来连续沉积,海相克拉通盆地上叠合了中、新生代陆内拗陷盆地或前陆盆地,如塔里木盆地和四川盆地等。叠加型叠合盆地:古生代海相克拉通盆地沉积后,有过长期的抬升和剥蚀,然后上叠了中、新生代的陆内拗陷盆地或前陆盆地,如鄂尔多斯盆地等。改造型叠合盆地:海相克拉通盆地经过构造变动和改造,上叠了中、新生代盆地,如渤海湾、南华北、江汉、苏北-南黄海盆地等^[6]。

2.4 前陆盆地

中国及邻区板块构造的特点决定了中国大陆的造山作用,并不是大洋盆消失后两个巨型陆块主体间的直接碰撞造山,而是极其复杂的陆块边缘间的软碰撞造山。中国大陆的造山作用主要与板块碰撞之后的大陆板块内的冲断造山有关,其特点决定了中国缺乏经典的周缘和弧后前陆盆地类型。与国外典型前陆盆地具“二元”结构不同,中国的前陆具“三元”结构特征^[10]。早期被动陆缘不发育,多以裂陷槽为特征;前陆盆地发育阶段多以陆相为主;典型前陆盆地发育在二叠或三叠纪以前,经过后期的构造运动,多被改造和破坏;晚期的强烈挤压叠加了巨厚的山前沉积。因此,中国的前陆盆地多被称之为“类前陆盆地”或“前陆类盆地”^[11,12]。中国的类前陆盆地一般有3个演化阶段(图4)。早期被动陆缘不发育或被破坏;④中、新生代形成的前陆盆地,多为陆相沉积;

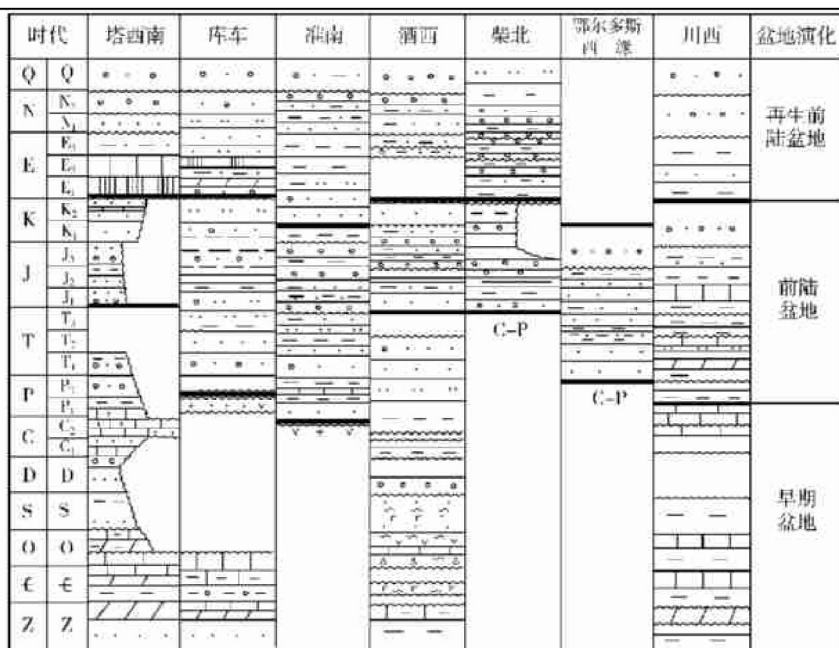


图4 中国主要前陆盆地三段式演化特征

Fig. 4 Characteristics of three-stage evolution of the major foreland basins in China

(四)后期受造山带复活影响, 出现再生前陆盆地。

受中国板块构造演化特征和前陆盆地类型影响, 中国前陆盆地冲断带的构造样式可以分为盖层滑脱型和基底卷入型, 以及这两类的复合类型^[10, 13] (图5)。盖层滑脱型(薄皮型): 主要发生在刚性克拉通与造山带的结合地带, 基底刚性强、不易变形, 变形主要发生在沉积盖层中。平面推覆距离相对较大, 变形较强烈, 如库车、川西和鄂尔多斯西缘前陆冲断带。基底卷入型(厚皮型): 主要发育在以古

生界褶皱带为基底的陆块与造山带间的过渡带, 基底刚性相对较弱, 基底断裂较发育, 因此沿基底断裂再活动是其变形的主要形式。主要有基底卷入型叠瓦冲断系和反转式冲断带两种组合样式。前者如准噶尔盆地西北缘冲断带, 后者如酒泉盆地南缘和柴达木盆地北缘冲断带, 主要与早期裂陷槽的反转作用有关。薄皮-厚皮复合型: 深部为基底卷入型断弯背斜, 浅层发生滑脱, 形成断展背斜, 上下构造不符, 如准噶尔南缘冲断带。

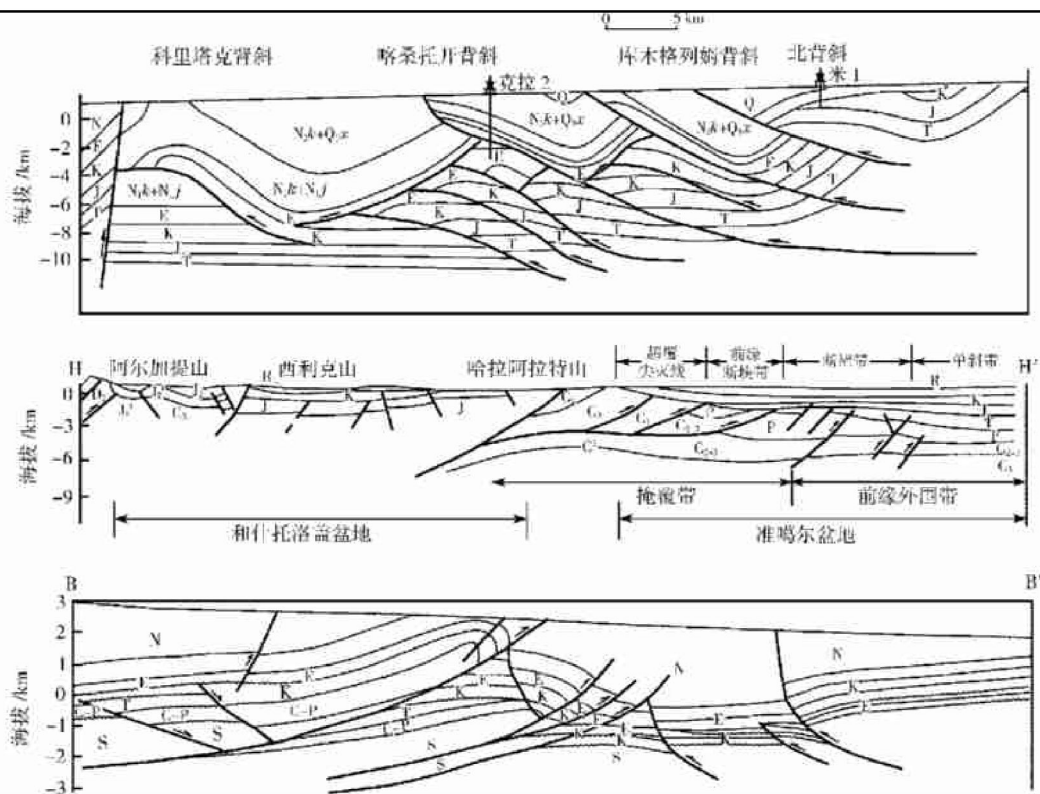


图5 中国前陆冲断带分类特征

Fig. 5 Classification features of the foreland thrust belts in China

3 控油气作用

3.1 叠合盆地

中国陆上盆地的叠合特征和构造演化的多期多阶段性, 使得构造带与成藏阶段之间的时空关系复杂, 造成了复杂的油气分布特征。

国外经典的含油气系统研究多侧重于对简单含油气系统的描述和评价, 如单源一期成藏含油气系统的描述。中国的多期、多类型叠合的盆地构成了复杂的含油气系统。即使是在中国东部的渤海湾盆地也普遍存在着多层系叠合和多生油中

心(洼陷)复合的复杂含油气系统, 中国陆相含油气盆地具有多生储盖组合和多含油气层系的特点^[14, 15], 加之断层十分发育, 含油气井段长, 在一个油区中有多个含油气系统, 从基底到浅层都可以形成油气藏。因此, 简单的单源一期成藏含油气系统的研究方法远远不能适应中国复杂的含油气地质特征。国内含油气系统研究的焦点集中在复杂的含油气系统, 如多源多期复合含油气系统的描述和研究上^[5, 16]。复合含油气系统的研究符合中国复杂独特地质历史和叠合盆地的特点, 也包括了复合含油气系统的划分、评价、相互关系及

成藏模式和勘探方法。

3.2 前陆盆地

中国类前陆盆地的演化特征使得其冲断带与成烃原型盆地展布呈平行、斜交和垂直型3种。平行型:这种组合关系以库车前陆盆地为代表。库车前陆盆地自三叠纪开始发育,逆冲推覆自山前向盆内递次推进,形成了现今多排逆冲构造带大致平行于烃源岩展布的组合特征。斜交型:这种组合关系以准噶尔盆地南缘冲断带为特征。主

要的侏罗纪烃源岩受其原型盆地控制呈北西西向展布,而后期形成的多排冲断带,则大致呈东西向展布,与烃源岩呈交角关系。这主要与山前冲断大断裂的扭动有关。垂直型:这种独特的组合关系出现在酒泉盆地南缘的冲断带处,主要的烃源岩发育在白垩系的北东向断陷中,而后期的前陆冲断带则呈北西向展布,二者呈垂直交角关系。这种关系突出地表现了晚期的前陆逆冲作用对早期断陷盆地的叠加(图6)。

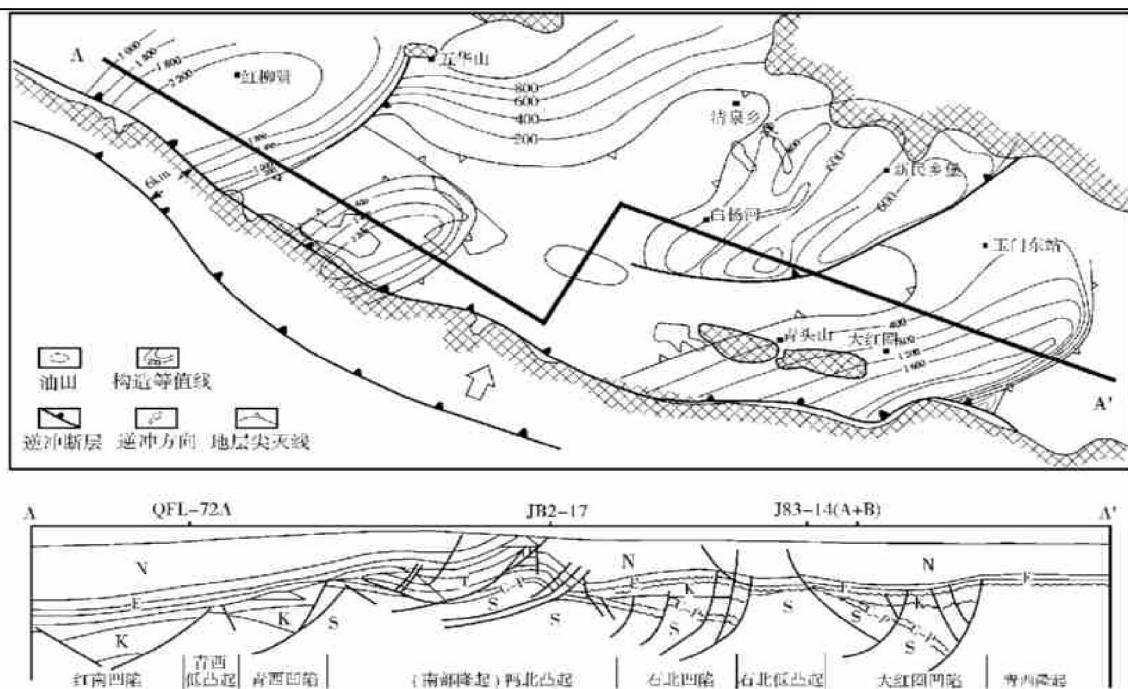


图6 酒西盆地南缘冲断带构造与烃源岩垂直的展布特征

Fig. 6 Characteristics of distribution of thrust belt structures to be perpendicular to source rocks on the southern edge of Jiuxi basin

4 结论

(1) 中国大陆自中生代初完成拼合后,陆内构造活动主要受3大板缘活动的影响:北方鄂霍次克洋的扩张与关闭,东部太平洋板块的俯冲作用,以及南部印度板块的俯冲、碰撞和挤压。

(2) 中国的板块构造演化影响到含油气盆地特征。古生代盆地因发育于各自独立的小板块之上,成盆与成烃控制因素异大于同,具有不同的演化特征。中、新生代盆地发育于已拼合的大陆之上,规模和性质有明显差异,但制约沉积的构造和气候条件却明显存在区域上的一致。

(3) 多旋回的板块构造演化形成了中国盆地多期叠合的特征。中国的叠合含油气盆地可分为继

承型、叠加型和改造型。中国的前陆盆地多为类前陆盆地并具三元结构,也反映了多期叠合的特征。

(4) 中国的叠合盆地使得构造与成藏阶段之间的时空关系复杂,以复合含油气系统为特征,前陆冲断带与成烃原盆展布呈不同组合关系,是这一复杂油气分布特征的典型例子。

参考文献

- 1 翟光明,宋建国,靳久强,等. 板块构造演化与含油气盆地形成和评价[M]. 北京:石油工业出版社,2002
- 2 邱中健,龚再生. 中国油气勘探[M]. 北京:石油工业出版社,地质出版社,1999
- 3 黄汲清,任纪舜. 中国大地构造及演化[M]. 北京:地质出版社,1980

(下转第22页)

4 原始面貌的破坏

中国海西地台的存在之所以长期不被人注意,主要是受到了两次后期构造运动的破坏,使其面目全非了。发生于晚侏罗世晚期-早白垩世早期的中燕山运动,即受西太平洋古陆和亚洲大陆碰撞的影响,率先使地台东部地壳从东向西掀起,并在其上形成了一系列走向北北东-南南西的块断褶皱山带。从而较早改变了那一部分的地台面貌。但彻底破坏中国海西地台面貌的则是发生于古近纪以来的冈瓦纳印度与亚洲的碰撞。

这一碰撞的直接后果是:印度次大陆向青藏高原下俯冲;青藏高原隆升,引发中国地壳厚度和重力梯度大分异,将中国大陆分化成为3个向东次第降低的梯级带^[14];中国大陆原已被准平原化的褶皱山复活上升,其间之陆块相对下沉,成为自然地理盆地。从而将中国海西地台的准平原状态彻底改变成了排列有序的盆-山构造地貌。

这一构造地貌的特点是:新形成的复活造山带前身,本就是海西地台上原被夷平的那个海西造山带;现在,除它又成了巍峨山脉外,其组成却还是那时还深埋在地下的那个造山带的残余岩石。所以,在空间上,复活山带彼此之间以及和镶嵌于其间的中、新生代盆地之间,依然保持着以前的序列关系。只不过过去已准平原化的褶皱带,现在变成了高耸山脉。广布在准平原上的沉积盆地,部分遭到破坏或被卷进了复活山带之中;部分却变成了被山脉所包围的山间盆地。表面看来,它们仍似浑然一体,自然和谐,好像那里什么事情也没有发生过,而实际上却是盆是山非,后来的构造运动为原先的海西地台盖上了一幅迷人的面纱。

5 地质意义

如上文所见,若中国海西地台确实存在,不仅可能恢复起中国地质历史上一个几近湮灭的重大事件,而且也提出了一个如何认识自那时以后,中国作为一个大陆可能产生的新的地质环境、造就的新的地质现象和运行积聚的新的地球动力。因此,必然带来重新认识以往某些地质结论的可能。

从石油地质学角度看,因海西地台的形成,首先发生了陆内造盆活动,从而引发了陆相盆地石油地质学的研究。不过那时的出发点是以现今的山盆结构为基础,并未考虑到当时的古构造和古

地理环境,以及后期经历的改造^[15]。

与陆内造盆活动并行,同时也出现了陆内造山活动。从而引发了陆内构造及其大陆地球动力学研究。由于山盆有一种正负向变形相互依存的关系,所以近年还引发了盆-山耦合关系的研究^[16]。

在大陆地壳变形和大陆地球动力学研究中,我们应该特别重视喜马拉雅运动。它除彻底破坏了中国海西地台,改变了中国山川地貌外,还给我们带来了生态环境和自然资源赋存状态的严重变化。前者如青藏高原上升引发的水系倒流、气候转变、生物迁徙和物种改变。后者如山脉复活引发的金属矿产移位和盆山上下错位。前者会使原本还深埋在夷平山体之下的金属矿产上升到了利于开发的地表浅处;后者使原本位于盆地浅处并不成熟的烃源岩却因再次被深埋而进入了生油甚至生气窗口,或者相反,原已聚集成藏的油气却因平衡条件的打破,或发生3次运移和次生油气藏的形成,或者散失,油气藏完全被破坏。同时,海西地台这个大平台不仅造就了含油盆地,也造就了含煤盆地。

透过中国海西地台形成和破坏可以看出,其所经历的大陆地球动力作用主要有三:一是人们易于感知的,变形生自陆内而力源却来自陆缘以外的板块运动;二是人们不易感知,而却无时不在无处不有的地壳或岩石圈均衡运动,后者的出现则是外力变形引发山脉上升、地壳缩短或重叠产生的地壳增厚,或地壳拉伸或盆地沉降引起的地壳变薄,或由此二者导致地壳或岩石圈结构失衡,产生圈层物质流动形成密度差异;三是难以判识的软流圈物质的流动、涌动和上升侵位。

海西地台的存在为我们提出了一系列涵盖多个方面须用新思维研究的大课题。

致谢: 本文写作承蒙王庭斌教授支持和相约,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 1 任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等.从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M].北京:地质出版社,1999. 26~38
- 2 纳利夫金··,苏联地质概论[M].杨金华,刘学琼,译.北京:地质出版社,1987. 1~32
- 3 王素华,钱祥麟.中亚与中国西北盆地构造演化及含油气性[J].石油与天然气地质,1999,20(4):321~325
Wang Suhua, Qian Xianglin. Tectonic evolution and oil-gas potential