

文章编号: 0253-9985(2005)01-0009-07

中国中西部燕山期构造特征及其油气地质意义

贾承造¹, 魏国齐², 李本亮²

(1. 中国石油天然气股份有限公司, 北京 100011; 2. 中国石油勘探开发研究院天然气地质研究所, 河北廊坊 065007)

摘要: 中国中西部地区燕山期构造运动具有普遍性, 首先表现在白垩系与侏罗系呈不整合接触, 甚至第三系直接与侏罗系呈不整合接触; 其次, 中西部地区各盆地均具有燕山期的古构造; 再次, 晚侏罗世到早白垩世, 拉萨地体和羌塘地体沿班公湖-怒江缝合带发生碰撞挤压, 地壳抬升, 在羌塘盆地和拉萨地块沉积了一套红色磨拉石建造, 白垩系与侏罗系形成明显的角度不整合。燕山期构造运动的特征为: 区域性构造抬升, 盆地沉积范围收缩, 构造变形相对较为微弱; 在造山带前缘普遍发育大套的砂砾岩粗粒沉积; 以及造山带内部局部地区的岩浆活动。燕山期构造运动对油气成藏的意义主要是: ①加速烃源岩热演化作用, 致使中、西部地区发育的晚古生界和上三叠统一早中侏罗统两套主要的煤系烃源岩, 分别在燕山晚期进入生、排烃高峰期, 或开始生烃; ②燕山期古构造与烃源岩生、排烃适时配置, 有利于油气早期聚集成藏; ③经燕山期构造运动对油气重新调整后, 在邻近燕山期古油(气)藏的新圈闭中利于重新聚集成藏, 形成次生油气藏; ④燕山期的构造抬升, 以低水位体系域沉积的粗粒碎屑物质形成良好的储集砂体, 有利于油气聚集成藏。

关键词: 燕山运动; 生烃期; 储集层; 油气成藏

中图分类号: TE111.2

文献标识码: A

Yanshanian tectonic features in west-central China and their petroleum geological significance

Jia Chengzao¹, Wei Guoqi², Li Benliang²

(1. PetroChina Company Limited, Beijing; 2. Langfang Branch of Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Langfang, Hebei)

Abstract: Yanshanian tectonic movement was very common in west-central China. Firstly, it appears as the unconformity between Cretaceous and Jurassic, and even the Tertiary directly and unconformably contact with Jurassic. Secondly, Yanshanian palaeostructures occur in every basin in west-central China. Thirdly, Lasha and Qiangtang terrains collided along Bangonghu-Nujiang suture zone, leading to the uplift of earth crust, a set of red molasse formation was deposited both in Qiangtang basin and Lasha terrain. As a result, an apparent angular unconformity occurs between Cretaceous and Jurassic. Yanshanian tectonic movement is characterized by the followings: regional tectonic elevation led to the shrinkage of sedimentary basin and relatively weak tectonic deformation; large set of coarse glutenite deposits were commonly developed in the front-edge of orogenic belt; magmatic activity occurred in local area within the orogenic belt. The significances of Yanshanian tectonic movement to hydrocarbon accumulation include: (1) Speed up of the thermal evolution of source rocks made the two major coal measure source rocks, Upper Paleozoic and Upper Triassic-Lower and Middle Jurassic, in west-central China entering the peaks of hydrocarbon generation and expulsion or began to generate hydrocarbons respectively in Late Yanshanian; (2) The timing of Yanshanian palaeostructures and hydrocarbon generation and expulsion of source rocks would be favorable for early accumulation of hydrocarbons; (3) Readjustment of oil and gas by Himalayan tectonic movement would be favorable for the formation of secondary oil and gas pools in new traps near the Yanshanian fossil oil and gas reservoirs; (4) Yanshanian tectonic elevation led

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA616A-04-01)

第一作者简介: 贾承造, 男, 56岁, 中国科学院院士, 构造地质及石油地质

收稿日期: 2004-12-17

to the development of good reservoirs of coarse clastic rocks deposited in low water level system tract, thus they would be favorable for reservoiring of oil and gas.

Key words: Yanshanian movement; hydrocarbon generation period; reservoir; reservoiring of oil and gas

中生代以来,中国中西部盆地群在海西期各洋盆关闭后形成统一大陆,经受相同或相似的构造变动。在特提斯洋3期构造作用下^[1,2],中国西部分别形成金沙江洋碰撞而成的印支期前陆盆地和雅鲁藏布江洋碰撞而成的喜山期前陆盆地或逆冲带^[3]。在这两期前陆盆地发育之间的班公湖-怒江特提斯洋于早中侏罗世进入扩张鼎盛时期,受区域性的拉张构造作用,中国中西部地区普遍沉积一套暗色细粒湖沼相煤系地层,奠定了中西部前陆盆地油气勘探的资源基础;晚侏罗-白垩世班公湖-怒江特提斯洋向北俯冲关闭,拉萨微地块与羌塘拼贴碰撞,其北缘的中西部诸盆地普遍发育了一期值得重视的燕山期构造运动。目前,关于喜山期构造运动对油气晚期成藏的意义已取得比较一致的认同^[4~7],对于燕山期构造运动虽然开展了一定程度的研究^[8~10],但尚未充分意识到中国中西部地区燕山期构造运动的普遍性,以及其对油气成藏的控制意义。

1 特征

1.1 存在的证据

燕山期构造运动前后分为3期,其中活动最为强烈的是晚侏罗世到白垩纪期间的燕山中、晚期构造运动。中国中西部地区燕山期构造运动留下的痕迹首先表现在地层的接触关系上:白垩系的剥蚀、缺失或者白垩系与侏罗系的不整合接触,甚至第三系直接与侏罗系呈不整合接触(图1)。

其次,燕山期古构造在各个盆地中都有反映:

库车坳陷白垩纪晚期发育依奇克里克-吐格爾明、温宿-大宛齐两个古构造凸起带(图2a);准噶尔盆地南缘淮南坳陷的侏罗系沉积最厚,向南、北方向依次减薄,最后完全缺失(图2c);④吐哈盆地的丘陵-温吉桑弧形构造带、吐鲁番坳陷西部的胜南-葡北构造带发育有侏罗纪末-白垩纪的古构造,酒泉盆地中也发育有白垩纪以后的一期构造变形(图2d);④柴达木盆地北缘东北向展布的马海-南八仙构造雏形发育于早白垩世,在柴北缘的苏干湖盆地中,下第三系与侏罗系或白垩系呈不整合接触(图2b);鄂尔多斯盆地晚侏罗世一早

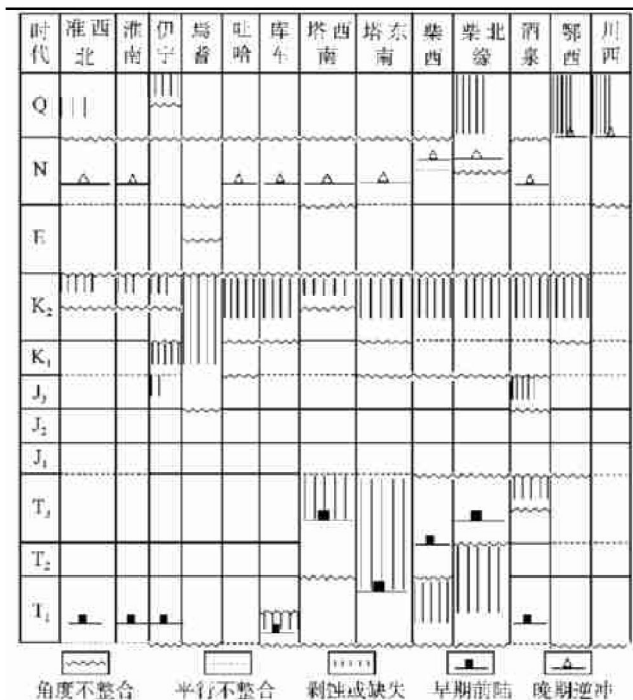


图1 中国中西部中生代前陆盆地构造变形期次划分

Fig. 1 Sketch map showing Middle-Late Yanshanian tectonic geological cross section in west-central China

白垩世发生明显的逆冲推覆构造,形成东部抬升西部沉降的盆地格局,在盆地内乌审旗东北35 km的内蒙新街南面,明显见到下白垩统呈水平产状与向西南倾斜的中侏罗统呈不整合接触(图2e);川西地区发育邛崃、中巴、河湾场等3个燕山期的古构造,在美姑-万源地质剖面中,中侏罗统沉积之后存在一期明显的构造运动(图2f)。

再次,晚侏罗世到早白垩世,班公湖-怒江洋盆闭合,拉萨地块向北拼贴,拉萨地体与羌塘板块碰撞。羌塘盆地东巧-安多地区的蛇绿岩套中硅质岩内的放射虫组合时代为侏罗纪,其上部复理石中所夹灰岩含晚侏罗世化石;日土的硅质岩中含有中、晚侏罗世的放射虫化石;同时,东巧、安多的蛇绿岩为下白垩统不整合所覆盖;白垩系底部砾岩中的砾石和胶结物大部分为侏罗纪的基性-超基性岩。这些说明班公湖-怒江洋盆的闭合发生在晚侏罗世到早白垩世之间。④白垩纪时期班公湖-怒江特提斯洋快速向冈底斯岛弧之下俯

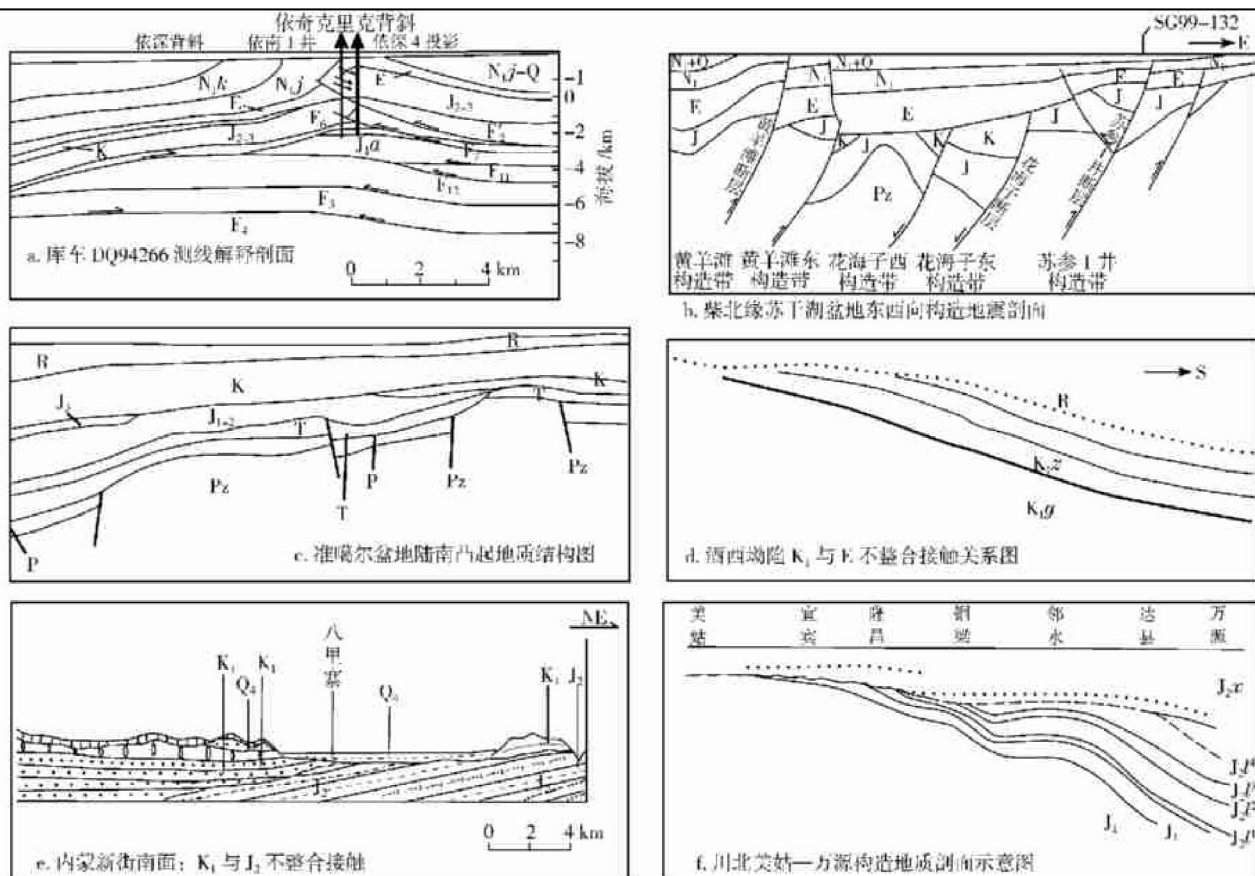


图2 中国中西部地区中晚燕山期构造地质剖面示意图

Fig. 2 Tectonic deformation periods in Mesozoic-Cenozoic foreland basins in west-central China

冲消减,形成冈底斯岛弧的大规模岩浆活动;在班公湖-怒江蛇绿混杂岩两侧平行分布着两条晚侏罗世到白垩纪的花岗岩(80~145 Ma)和同生的钙碱性火山岩。拉萨地体和羌塘地体沿班公湖-怒江缝合带发生碰撞挤压,地壳抬升,在羌塘盆地和拉萨地块上的沉积,以上白垩统红色磨拉石建造为特征。它们直接覆盖在褶皱变形的侏罗系之上,形成明显的角度不整合。

中国中西部地区除了南缘的特提斯构造域内的燕山期构造运动比较活跃外,其北部已经形成一个统一的大陆,不存在构造挤压应力。拉萨地体与羌塘板块碰撞形成的构造挤压应力向北呈远距离传递,中国中西部发生区域性的挤压构造^[1~5,11~14]。这次构造运动在西部塔里木、准噶尔、柴达木等盆地形成构造雏形,而在中国中部的四川、鄂尔多斯盆地内构造变形相对较强,造山带隆升,盆地向西倾斜。

1.2 具体表现

1.2.1 沉积范围缩小

燕山期构造变形首先表现为区域性构造抬升,盆地沉积范围缩小、甚至遭受剥蚀(图3)。除

西藏特提斯洋附近仍旧为大面积的海相沉积外,其北缘的内陆盆地沉积范围几乎都退缩到造山带前缘:塔里木盆地上侏罗统一下白垩统的沉积范围局限在库车、塔西南、英吉苏、且末-若羌等山前地带,特别是晚白垩世全盆地遭受剥蚀或沉积间断;柴达木盆地上侏罗统一下白垩统的沉积范围也只在柴北缘和阿尔金山前局部地区;四川盆地虽然晚侏罗世沉积范围较广,但是早白垩世沉积退缩到龙门山前地区;鄂尔多斯盆地早白垩世晚期,全盆地结束沉积。天山、昆仑山、祁连山、北山、秦岭等造山带地壳抬升,未接受沉积。

由于构造抬升,盆地范围缩小,上侏罗统一下白垩统沉积间断或遭受剥蚀,甚至第三系直接与上侏罗统以前的地层接触(图1)。准噶尔盆地下白垩统顶部地层缺失,在天山内部的伊宁、焉耆盆地,残留的白垩系很少,上侏罗统顶部地层也被剥蚀,甚至部分地区下第三系直接覆盖在中侏罗统之上,塔里木、柴达木、四川、鄂尔多斯等盆地同样缺失上白垩统或沉积不全;除了中西部盆地上白垩统缺失或剥蚀外,几乎都可以看到下白垩统与上侏罗统之间的不整合接触

关系。说明燕山期区域性的构造变动,使中国中西部盆地普遍抬升,形成沉积间断或地层遭受剥蚀。

地球物理资料和野外地质调查证实了晚白垩世(89 Ma)隆升过程的存在,并使部分背斜构造形成锥形^[5]。在库车坳陷,多数地震剖面白垩系向东部变薄,在依深构造中,其厚度在地震剖面上为100 ms左右,而到吐格尔明背斜南翼已经完全消失,表明白垩纪末期发生过短暂的侧向挤压和构造变形。同时,在库车坳陷东、西两端出现上白垩统缺失,东部吐格尔明下白垩统缺失巴西盖组和巴什基奇克组,西部阿瓦提地区缺失下白垩统巴什基奇克组。在淮南地区的卡因迪克构造从翼部向构造核部,白

垩系沉积逐渐减薄,直到构造顶部消失。

1.2.2 沉积大套的粗粒碎屑岩

燕山期构造运动强化了造山带的隆升,在造山带前缘沉积大套以砂砾岩为主的粗粒碎屑岩(图3)。鄂尔多斯盆地西缘、南缘,晚侏罗世到早白垩世分别沉积了一套巨厚芬芳河组、宜君组的红色山麓相、山前冲积扇的砂砾岩,成楔状体插入盆地内部。川西龙门山前,除了晚侏罗世莲花口组底部沉积巨厚的砾岩层外,早白垩世也沉积了巨厚的剑门关组底部砾岩层。砾岩内部含侏罗系钙质砂岩,反映了燕山期龙门山的挤压隆升。准噶尔盆地南缘上侏罗统喀拉扎组,以砾岩、砂岩为

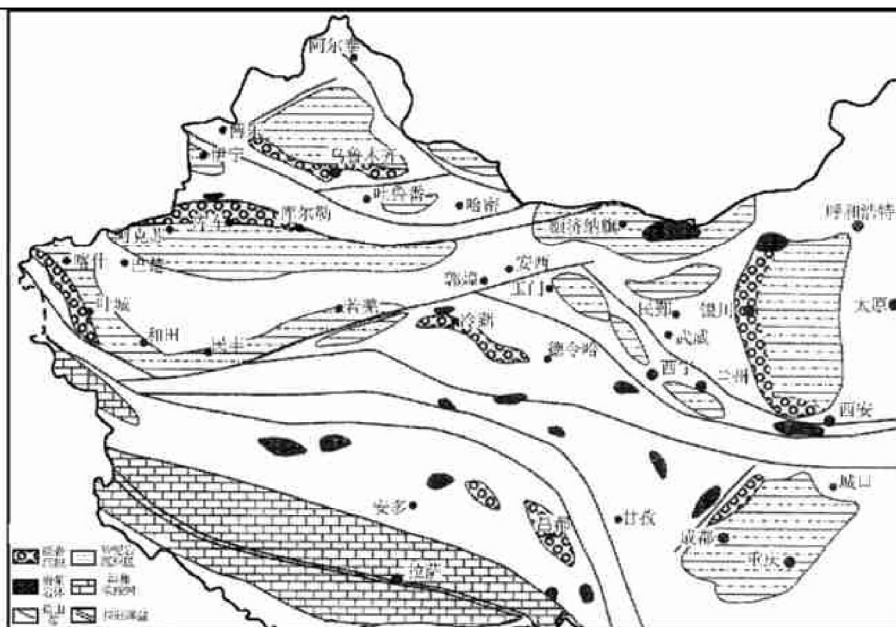


图3 中国中西部地区晚燕山期(J_3-K_1)构造运动特征图

Fig. 3 Characteristic patterns of Late Yanshanian(J_3-K_1) tectonic movement in west-central China

主。塔里木盆地库车坳陷上侏罗统的喀拉扎组、白垩系底部的亚格列木组的“城墙”砾岩。柴北缘地区除了上侏罗统洪水沟组发育红层砾岩外,白垩系全部为块状砾岩。但应指出,中国中西部地区晚侏罗世一早白垩世沉积的一套红色砂砾岩,在地质时代上是否完全可以对比,尚值得研究。

1.2.3 岩浆活动

燕山期虽然构造变形微弱,但是在造山带内部及其边缘由于一定程度的断裂作用导致局部地区的岩浆侵入。在鄂尔多斯盆地北部、河西走廊西部、秦岭、川西龙门山等有零星的燕山期钙碱性岩浆岩发育(图3)。

除了鄂尔多斯盆地内部白垩系普遍发生过岩

浆热液的侵入外,在东秦岭燕山期岩浆活动异常强烈,例如伏牛山大型花岗岩基测定的K-Ar法同位素年龄值为102 Ma,金堆城花岗斑岩体K-Ar法同位素年龄值132 Ma。这些花岗岩为深大断裂发生继承性活动的同时由于深部流体上侵形成的断裂花岗岩^[8]。川西龙门山前缘的岩体中测得磷灰石裂变径迹的年龄分别为104 Ma和140 Ma^[15,16]。同样,通过磷灰石裂变径迹测年分布特征也明显反映出库车坳陷北缘存在晚白垩世的隆升事件。天山南缘欧西达板花岗岩体的磷灰石裂变径迹年龄为109.6 Ma^[10];库车坳陷北部单斜带捷斯德里克背斜处取得的磷灰石裂变径迹年龄分别为91.9和92.4 Ma^[17];在库车坳陷拜城煤矿以北的安山岩中测得磷灰石的裂变径迹为

81.83 Ma^[9];库车坳陷的磷灰石裂变径迹值显示在晚白垩世发生了一次构造隆升。

2 意义

2.1 生烃期

燕山期构造运动在造山带中发生的局部岩浆活动,对盆地内部烃源岩的热演化有加速的作用。如塔里木盆地库车坳陷依南2井三叠系—侏罗系烃源岩在晚侏罗世—白垩纪开始演化成熟(地温达到90℃),晚第三纪成熟度快速增高(R_o 增高1%~2%),进入生、排烃高峰期^{*};鄂尔多斯盆地天1井石炭系—二叠系烃源岩在侏罗纪开始生烃,早白垩世成熟度快速增高(R_o 增幅可达

1.3%),导致快速大量生、排烃^[18]。此外,依据赵长毅^[19]研究,中国西部地区中下侏罗统的煤系烃源岩,在热演化的低—中等成熟阶段(R_o 为0.5%~0.8%),即进入生油高峰期。而其中含树脂体和木栓质体的烃源岩在未成熟—低成熟阶段(R_o 为0.35%~0.7%)即可进入生、排烃高峰期。总体认为,中国中、西部前陆盆地大部分晚古生界二叠系烃源岩在早中侏罗世开始生烃,白垩纪达到生烃高峰期;三叠—侏罗系烃源岩白垩纪时期为重要的生油时期,新第三纪以后成为主要的生气高峰期(图4)。由此也反映了白垩纪时,由于燕山期岩浆的侵入,致使烃源岩受热加速热演化,烃源岩分别于白垩—第三纪时进入生、排烃高峰期。

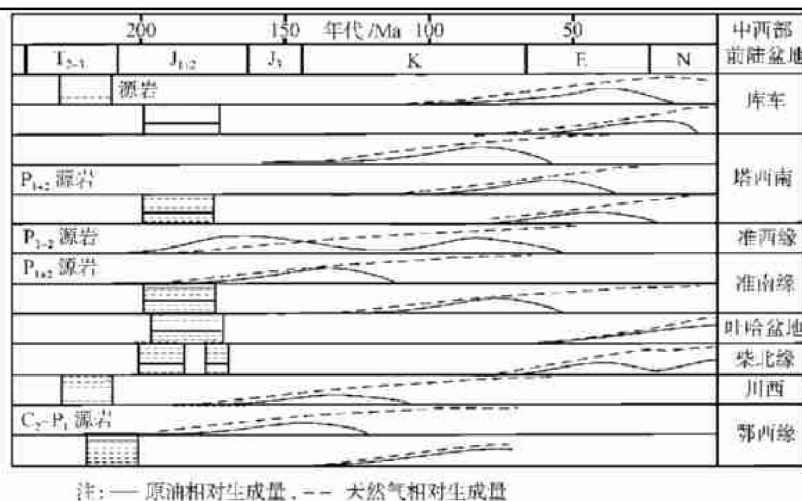


图4 中国中西部前陆盆地主要烃源岩热演化史示意图

Fig. 4 Sketch map showing thermal evolution history of major source rocks in foreland basins in west-central China

此外,由中国中部地区各时期主要烃源岩生烃量的分布统计,鄂尔多斯盆地上古生界煤系烃源岩总生气量约 $512 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。早白垩纪时的生气量达到 $357 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占各个时期生气总量的 70%(图

5a)。川西地区上古生界煤系烃源岩总生气量约 $274 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 早白垩纪时的生气量达到 $125 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占各个时期生气总量的 46%(图 5b)。也进一步说明白垩纪时,烃源岩已进入生气高峰期。

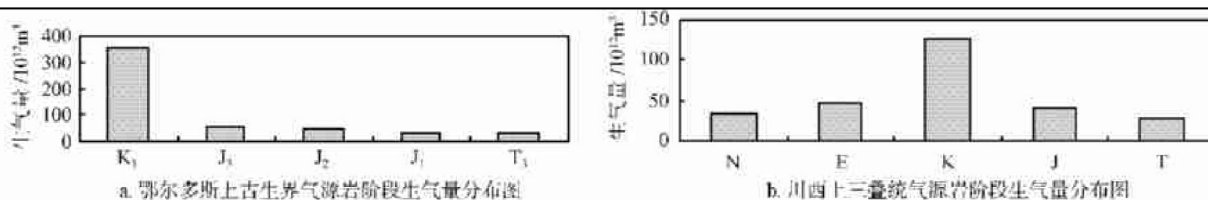


图5 中国中部地区主要烃源岩生烃阶段图

Fig. 5 Diagram showing hydrocarbon generating stages of main source rocks in central China

2.2 油气成藏

燕山期,中国中西部地区普遍发生构造隆升,

形成一定幅度的古构造或构造雏形,燕山期古构造与燕山晚期上古生界和上三叠统一早中侏罗统两

* 李本亮.库车坳陷石油地质特征及油气资源评价.南京大学博士学位论文,2000

套主要烃源岩生、排烃高峰期有效的配置,为该时期油气的运移聚集提供了良好场所,有利于早期油气成藏,并为次生油气藏的形成奠定了有利的条件。

2.2.1 早期聚集成藏

中国中西部地区的川西、淮南、吐哈、柴北缘等前陆盆地燕山期古构造对油气的早期聚集成藏具有明显的意义。

川西地区,在白马庙、平落坝、中坝、孝泉-新场等燕山期古隆起部位目前已发现天然气三级地质储量 $1\,225 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。例如:位于中坝-海棠铺印支-燕山期古隆起高点的中坝气田,由于受古构造控制,含气范围超过了现今构造最低圈闭线;④峨眉山-蒲江印支-燕山期古鼻状隆起,目前已发现平落坝、白马庙、观音寺、苏码头、盐井沟等多个气田和含气构造,其中,位于古构造高点上的平落坝气田,含气范围也超过了现今构造最低圈闭线;④位于鸭子河燕山期古鼻状隆起的新场侏罗系大气田,最近所钻的851井,在须家河组二段也获高产工业气流。

淮南地区,淮南古构造是油气运聚的主要方向,目前已发现的油气成藏多与古构造相关。如卡6井油气藏即处于四棵树凹陷二叠系、侏罗系烃源区向车排子古隆起上翘方的有利油气运移聚集区;呼图壁气藏与印支-燕山期古断裂有关,断裂成为天然气运聚的主要通道,在继承燕山期古构造基础上形成喜山期气藏圈闭。

吐哈盆地构造圈闭多形成于燕山期,定型于喜山期。根据地震资料对73个构造圈闭形成时期的研究,其中形成于燕山期的圈闭有18个,形成于燕山-喜山期的构造圈闭34个,形成于印支-燕山期的圈闭3个,与燕山期古构造相关的圈闭占总数的71%,充分体现了燕山期古构造是吐哈盆地重要的圈闭形成期^[20]。这些燕山期形成的构造圈闭主要分布在巴喀至红山一线以东地区,特别是丘陵-温吉桑弧形构造带及吐鲁番拗陷西部的胜南-葡北带上发育的燕山期古构造,油气源充沛,形成保存至今的油气藏。

鄂尔多斯盆地晚古生代呈现北高南低的盆地格局,天然气从南向北运移;到早白垩世生气高峰时,盆地由北高南低逐渐过渡为东、北高,西部低的盆地格局,天然气运移趋势呈现由西向东、由南向北运移。盆地内上古生界南北向展布的河道砂体在油气运移路径上由于储集物性差异形成侧向封堵,聚集成气藏^[18],形成了鄂尔多斯盆地燕山期古构造控制了天然气的运聚方式。上古生界的储

层条件决定了气藏的产量高低。

在柴北缘地区,通过古构造研究和油气成藏分析,显示马海-南八仙油气田主要受北东向展布的燕山期古构造所控制。

2.2.2 次生气藏

燕山期的古构造圈闭适时地捕获早期形成的油气,形成早期原生油气藏。其后,在喜山期构造运动的作用下,油气进行重新调整、改造,早期成藏的天然气发生二次运移,往往在其邻近的新圈闭中重新聚集,利于形成次生天然气藏。例如川东北三叠系飞仙关组鲕滩储层中的燕山期古气藏,然后再次改造成藏。侏罗纪,坡1-朱家1-月溪1-紫1-罗家2、渡1井一线为古构造高部位,聚集形成油藏(井下普遍见沥青);到燕山晚期,朱家1-渡5-东安1井一线转为古构造低部位,周围的铁山坡、罗家寨、渡口河构造为古构造高部位,聚集形成现今的油气藏。川西地区峨眉山-蒲江印支-燕山期古鼻状隆起形成的上三叠统须家河组原生气藏,喜山期构造剧烈,断裂发育,早期形成的下伏须家河组原生气藏遭受破坏,天然气沿断层向上运移至沙溪庙组、蓬莱镇组的砂体中再次聚集,形成白马庙、观音寺、苏码头、盐井沟等构造岩性圈闭气藏。

2.2.3 好的储集砂体

中国中西部地区燕山期晚期由于挤压隆升引起水退,白垩纪沉积低水位体系域的粗粒碎屑物质,形成良好的储集层。例如库车坳陷下白垩统巴什基奇克组主要为低水位体系域,发育辫状河、三角洲、河流、滨浅湖相,储层厚度大、分布稳定、连通性好,储集物性好,形成中孔中渗和中孔高渗的良好储层,有利于油气成藏。

3 结语

中国中西部地区普遍发育的燕山期构造运动相对较为平缓。主要表现为:盆地内部整体隆升、沉积范围收缩、沉积间断或地层剥蚀,同时形成小幅度的构造变形;④造山带前缘发育大套的砂砾岩粗粒沉积;④造山带内部局部地区的岩浆活动。这期构造运动对中国中西部地区油气成藏的意义远不如喜山期构造运动的晚期成藏明显,往往容易被忽视。在此,将燕山期构造的普遍现象和个别特征展示出来,力图将许多单一的地质现象总结为普遍规律。只有意识到它的存在,才能充分利用它来指导油气勘探。

中西部地区发育的晚古生界和上三叠统一早

中侏罗统两套主要的煤系烃源岩。分别在燕山期及燕山晚期进入生、排烃高峰期,或开始生烃。燕山期形成的古构造圈闭,对油气成藏具有3个方面的意义:①燕山期古构造与烃源岩生、排烃适时配置,有利于油气早期聚集成藏;②燕山期形成的古油(气)藏经喜山构造运动重新调整、分配后,在邻近古油(气)藏的新圈闭中重新聚集成藏,利于形成次生油气藏;③燕山期构造抬升引起水退,以低水位体系域沉积的粗粒碎屑物质形成良好的储集砂体,有利于油气聚集成藏。

中国中西部前陆盆地的油气勘探,应重视燕山期古构造的研究,古构造圈闭可能是早期油气聚集的有利部位;上侏罗统、白垩系可能是有利的储集层位。

参 考 文 献

- 贾承造,杨树锋,陈汉林,等.特提斯北缘盆地群构造地质与天然气[M].北京:石油工业出版社,2001.1~161
- 潘桂棠,陈智梁,李兴振,等.东特提斯地质构造形成演化[M].北京:地质出版社,1997.1~218
- 贾承造,魏国齐,李本亮,等.中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用[J].石油学报,2003,24(2):13~17
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Li Benliang, et al. The formation of two Periods foreland basin & its controlling on gas pooling in west-central China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(2): 13~17
- 马新华,魏国齐,钱凯,等.我国中西部前陆盆地天然气勘探的几点认识[J].石油与天然气地质,2000,21(2):114~117
Ma Xinhua, Wei Guoqi, Qian Kai, et al. Some suggestions on natural gas exploration in foreland basin in west-central China[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 114~117
- 郑和荣,李铁军,蔡立国,等.中国中西部前陆冲断褶皱带油气地质条件及勘探建议[J].石油与天然气地质,2004,25(2):156~161
Zheng Herong, Li Tiejun, Cai Ligu, et al. The Petroleum geological conditions & some exploration suggestions on foreland thrust in west-central China[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 156~161
- 王庭斌.中国气田的成藏特征分析[J].石油与天然气地质,2003,24(2):103~110
Wang Tingbin. Analysis of gas pooling characteristics in China[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 103~110
- 王庭斌.中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J].石油与天然气地质,2004,25(2):126~132
Wang Tingbin. Natural gas pooling main occurred since Neogene in China[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126~128
- 贾承造,施央申.东秦岭燕山期A型板块俯冲带的研究[J].南京大学学报,1986,22(1):120~128
Jia Chengzao, Shi Yangshen. Study on A-type plate subduction of Yanshanian stage in eastern Qinlin[J]. Journal of Nanjing University (Nature Science). 1986, 22(1): 120~128
- 贾承造,陈汉林,杨树锋,等.库车坳陷晚白垩世隆升过程及其地质响应[J].石油学报,2003,24(3):1~5
Jia Chengzao, Chen Hanlin, Yang Shufeng, et al. Geological uplift & its relevant structural events during late Cretaceous in Kuqa depression [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(3): 1~5
- 杨庚,钱祥麟.中生代天山板内造山带隆升证据:锆石、磷灰石裂变径迹年龄测定[J].北京大学学报(自然科学版),1995,31(4):473~478
Yang geng, Qian Xianglin. Orogen uplift evidences with confirming age by zircon & apatite fission track[J]. Journal of Beijing University (Nature Science), 1995, 31(4): 473~478
- Allegre C J, Courtillot V, Tapponnier P, et al. Structure & evolution of Himalaya-Tibet orogenic belt [J]. Nature, 1984, 307: 17~22
- 肖序常,李廷栋,李先岑,等.喜马拉雅岩石圈构造演化[M].北京:地质出版社,1988.1~88
- 钟大赉,丁林.青藏高原的隆起过程及其机制探讨[J].中国科学(D),1996,26(4):289~295
Zhang Dalai, Ding Qin. Study on uplift history of Tabet plateau & its mechanics. Science in China (series D), 1996, 26(4): 289~295
- Zhang K J, Xia B P, Liang X W. Mesozoic & Paleogene Sedimentary facies & paleogeography of Tibet: tectonic impectation [J]. Geological Journal, 2002, 37: 217~246
- 龙学明.龙门山中北段地史发展的若干问题[A].见:罗志立.龙门山造山带的崛起和四川盆地的形成与演化[C].成都:成都科技出版社,1994.149~156
Long Xueming. Some discussions on geological evolution of middle & northern Longmen Mountain [A]. In: Luo Zhili. Uplift of Longmen Mountain & formation evolution of Sichuan Basin [C]. Chengdu: Chendu Science & technology press, 1994. 149~156
- 刘树根,罗志立,戴苏兰,等.磷灰石裂变径迹技术及其在龙门山冲断带研究中的应用[A].见:罗志立.龙门山造山带的崛起和四川盆地的形成与演化[C].成都:成都科技出版社,1994.369~378
Liu Shugen, Luo Zhili, Dai Shulan, et al. Apatite fission track technique & its application on studying Longmen Mountain thrust [A]. In: Luo Zhili. Uplift of Longmen Mountain & formation evolution of Sichuan Basin [C]. Chengdu: Chengdu Science & Technology Press, 1994. 369~378
- Hendrix M S, Dumitru T A, Graham S A. Late Oligocene-early Miocene unroofing in the Chinese Tianshan: An early effect of the Indian-Asia collision [J]. Geology, 1994, 22(6): 487~490
- 王涛.中国深盆气田[M].北京:石油工业出版社,2003.1~296
- 赵长毅.吐哈盆地煤中基质镜质体生烃潜力与特征[J].科学通报,1994,39(21):1989~1991
Zhao Zhangyi. Generating hydrocarbon potential & its features of coal vitrinite in Tuha Basin [J]. Chinese Science Bulletin. 1994, 39(21): 1989~1991
- 吴涛,赵文智.吐哈盆地煤系油气田形成和分布[M].北京:地质出版社,1997.59