文章编号:0253 - 9985(2004)02 - 0126 - 07

中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动

王庭斌
(中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:中国大多数气田最终形成、定型于新近纪 - 第四纪,它们广泛地分布于各类含气(油)盆地。因此,晚期、超晚期生烃成藏、定型以及气藏受制于新近纪以来构造演化历史是中国天然气带有普遍性的重要特征。中国气藏形成与新近纪以来构造演化历史关系密切,主要体现在:(1)在西部,形成的中国式前陆盆地是中国最主要天然气聚集区之一,为形成众多气田创造了有利条件,也是这些盆地本部气藏主要的形成、定型时期。(2)在中部,是四川盆地所有气田主要的形成、定型时期;在鄂尔多斯盆地促进了靖边至乌审旗地区天然气的进一步富集。(3)在东部,为渤海海域晚期成藏创造了有利的地质条件,也促进了其他盆地(坳陷)一些气藏的形成。(4)在近海海域,既促进了有机成因气藏的快速形成,也促进了无机成因非烃气藏以及无机与有机成因天然气的混源,形成了独具特色的成藏模式。

关键词:中国;气藏;形成与定型;新近纪;第四纪;构造运动
中图分类号:TE111 **文献标识码**:A

Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene

Wang Tingbin

(Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract: Most of the gas fields in China have been formed and finalized in Neogene-Quaternary, which distribute widely in various petroliferous basins. The gas pools in China are generally characterized by late or super-late hydrocarbon generation and accumulation, and by restriction of tectonic evolution since Neogene. The close relationship between the gas pools in China and tectonic evolution since Neogene can be summarized as follows: (1) In west China, the foreland basins, formed during this period, constitute one of the main gas accumulation provinces in China, and provide favorable conditions for the formation of numerous gas fields. The gas fields in these basins have mainly been formed and finalized in this period. (2) In central China, all the gas fields in Sichuan basin have been formed and finalized in this period, while gas accumulations in Jingbian-Wushenqi area in Erdos basin have further been enriched in this period. (3) In east China, these tectonic movements create favorable geological conditions for late reservoiring of gas in Baohai sea area, and promoting the formation of some gas fields in other basins(or depressions). (4) In offshore area, they promote not only the rapid formation of organic origin gas fields, but also the formation of inorganic origin non-hydrocarbon gas fields, as well as the formation of a unique reservoiring pattern with mixed source of organic and inorganic origin genetic gases.

Key words: China; gas pool; formation and finalization; Neogene; Quaternary; tectonic movement

新近纪以来是全球地壳形变与造山运动发展演化重要的地质阶段[1],它不仅影响了人类的生存环境,也对许多矿藏的形成有重要影响。过去,由于"新近纪以来"在地质历史长河中所占的时间很短,似乎对油气成藏的关系不大,石油地质学家很少问津。既便有文章论述,也多以对油气破坏

基金项目:国家"十五"科技攻关课题(2001BA605A - 1)
作者简介:王庭斌,男,68 岁,教授级高工,石油地质
收稿日期:2004 - 02 - 28

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作用为主来论述。例如,普遍认为中国大部分的重油藏及沥青是喜马拉雅期以来构造活动的结果,并认为主要是新近纪以来新构造运动的结果[2,3]。

近年来,由于渤海湾盆地渤中坳陷在新近系发现了大型油田,石油地质学家开始认识到新近纪以来构造运动对中国油气分布的重要性,有多篇文章论述了晚期(新近纪)成藏对于渤海地区找寻大油田的重要意义[4~7]。事实上,新近纪以来的构造运动对于中国油藏形成的影响相对比较局限,对中国气藏的形成与分布的影响则是带有普遍性[8,9]。

天然气与石油的物理性质及成藏条件有较大差异,天然气在地质环境中呈气态存在,致使天然气运移的速度比石油快得多,聚集成藏和被破坏的速度也比石油快得多[10,11],Robers and Num[12]等模拟实验证实了天然气幕式突破充注的速度很快,每次幕式快速充注的时间并不是万年,而是数十至数百年。由于天然气可以呈分子状态扩散,气藏的散失与破坏比油藏快得多,因此,对于天然气的聚集比石油更加强调形成的时间越晚越有利于保存,越有利于形成较大的聚集[13,14],特别是在地质条件比较复杂的地区更是如此[15]。

中国地处印度陆块、西伯利亚陆块与太平洋板块所围限的三角地带,地球动力学环境复杂[16~18]。新近纪以来,由于印度陆块与亚洲陆块的碰撞和随后沿西瓦利克带的陆内俯冲和西太平洋的菲律宾洋壳北北西向俯冲[18,19],在中国大陆,新近纪以来构造运动比较活跃,发生了多次强烈的构造运动和热构造事件[20],遍及全国不同的构造单元[20,21],对中国主要含气(油)盆地气藏的形成与保存,对中国天然气资源的分布也产生了重要影响[22]。

中国有 193 个气田,分布在 21 个不同类型的盆地。气层产于太古界—第四系,气源来自寒武系—第四系各种类型的有机质,还有无机成因的气源(以 CO_2 为主)。由于中国复杂的地质环境,中国气藏的成藏历程比较复杂,差异较大。但以气藏形成的关键时刻——气藏主要形成与定型时期来总结中国天然气的成藏历程[8,9],可归为:超晚期(第四纪)生烃成藏型;晚期(古近纪—新近纪)生烃成藏型;早期(中生代为主)生烃聚集、晚期超晚期(新近纪—第四纪)定型成藏型;早期(中生代为主)生烃成藏型等 4 类[9]。

在这 4 类中,以前 3 类分布最广,它们不仅广泛地分布于具有高热流值的近海含气(油)区、东部油(气)区,也分布在低地温场的西部气(油)区的前陆盆地以及中、西部的大型复合型盆地。表明了在中国特定的地质环境中,由于天然气与石油在成藏条件上的差异,虽然一些盆地天然气的成藏历程与盆地的发展历史一样,曾经历了多次构造运动,但是新近纪以来的演化历史对中国气藏形成与保存的影响十分重要。

1　西部

1.1　中国式前陆盆地

新近纪以来青藏地区强烈的地壳隆升和增厚,外围不同时期形成的山系开始复活[22~24],在这些山系的前缘(盆岭之间),形成了中国式的前陆盆地[25~27](图 1),沉积了巨厚的新近纪—第四纪磨拉石建造[28],促进了这些前陆盆地深部中生界源岩的成熟;其间的多次不整合间断,为天然气的储存、运聚、成藏提供了有利的地质条件[29]。库车前陆盆地便是一典型实例。

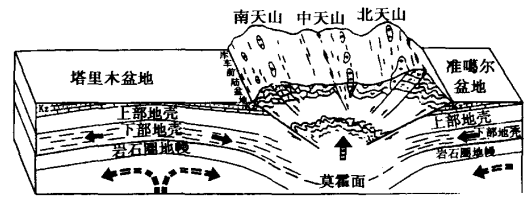


图 1　天山造山带南北两侧的库车及准南前陆形成模式[30]

Fig. 1　Formation model of Kuqa and Zhunnan (southern Junggar) foreland basins on both sides of Tianshan orogenic belt

库车前陆盆地是伴随着新近纪以来天山造山带重新活动所形成的前陆盆地[30,31]。近几年发现了克拉 2、克拉 3、依南 2、吐孜 1、大北 1 等多个大中型气田[32~34],这些气田均形成于 6~1 Ma(图 2)[34]。这些气田的形成与库车前陆盆地新近纪以来构造演化历史间的关系可概括为:(1)新近纪—第四纪的快速沉降,促进了深部三叠-侏罗纪湖沼相泥质岩和煤系烃源岩的快速热演化,新近纪—第四纪为生气高峰期;(2)相邻造山带的强烈活动,在前陆盆地形成了一系列推覆构造、挤压背斜,形成了各类构造圈闭,成为区内天然气运聚成

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

藏的主要场所;(3)发育了多组裂缝及次级断层,改善了储集条件和天然气垂向运移输导通道;(4)促使了天然气的再次运聚、散失,形成次生气藏,例如在新近系盐层之上的油气藏。

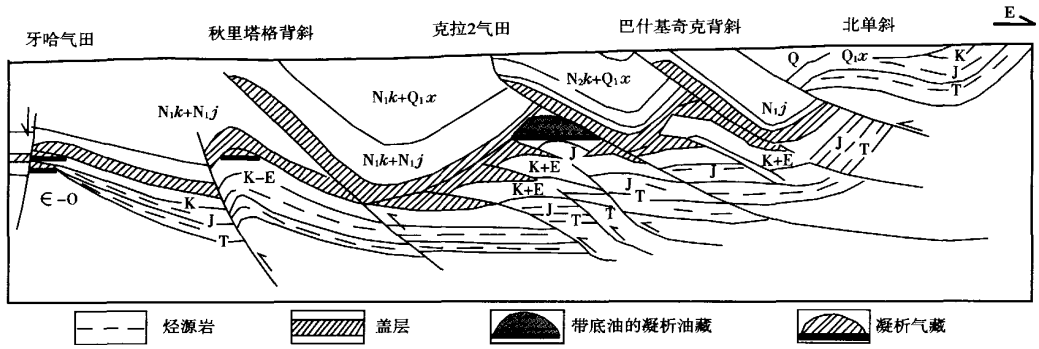


图2 库车前陆盆地气藏剖面示意图[30]

Fig. 2 Schematic cross section of gas pool in Kuqa foreland basin

1.2 盆地本部

塔里木盆地是一个经历了多期构造演化、改造的复合型克拉通盆地,除了北部的库车及南部的塔西南前陆盆地外,盆地本部气源以古生界为主。古生代烃源岩曾经历了多期的油气运聚[35],但新近纪以来的强烈坳陷,促使奥陶系源岩进一步成熟,成为天然气的主要生成时期及天然气大规模注入时期,喜马拉雅晚期(新近纪—第四纪)是盆地本部气藏的形成和油藏保存的主要时期。以雅克拉、和田河气田为代表的一批以下古生界为源岩的气田都经历了早期油藏与晚期转变为气藏的成藏演化阶段,并最终形成定型于新近纪以来的构造运动。周兴熙等[36]对塔里木盆地不同构造单元凝析气藏的饱和压力/露点压力法计算的结果也证实了从塔中至塔北不同时代的凝析气藏均最终定型于新近纪,甚至第四纪(表1),表明了新近纪以来的构造运动对西部诸盆地本部气藏的形成与保存的控制作用。

表1 塔里木盆地凝析气藏(古生代源岩)形成期综合表[36]

Table 1 Comprehensive chart of formation period of condensate gas reservoirs(with Paleozoic source rocks) in Tarim basin

气藏	层位	井深/m	地层温度/℃	地层压力/MPa	上露点压力/MPa	成藏时埋深/m	成藏时温度/℃	成藏时期
塔中1	O	3 659～3 666	119.0	41.98	40.77	3 500	100.5	上新世
塔中6	C_{III}	3 711～3 729	114.0	43.16	40.00	3 460	99.6	上新世
塔中402	C_{III}	3 582～3 600	104.0	43.33	43.33	3 590	102.5	第四纪初
沙15	K_1	5 342～5 262	130.8	58.30	46.83	4 320	114.0	上新世
轮南22	C	5 090～5 124	115.0	41.74	35.08	4 500	103.5	上新世
轮南59	C_{III}	5 368～5 393	126.7	71.59	44.69	4 504	103.5	上新世
轮南58	T_{II}	4 335～4 337	106.7	47.70	43.90	4 014	92.3	上新世
解放100	T_{II}	4 406～4 412	107.0	51.28	45.71	4 105	101.4	上新世
轮南101	T_I	4 765～4 770	117.8	51.86	49.26	4 531	113.2	上新世

2 中部

2.1 鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地是比较典型的克拉通型盆地[37],新近纪以来盆地本部表面上继续保持相对的稳定状态,在盆地周边形成了银川、呼和浩特-包头、太原、大同等一系列不同方向拉张-走滑的强烈断陷,新近纪—第四纪沉积巨厚[38]。据磷灰石裂变径迹资料[39],鄂尔多斯盆地本部是在新近纪以来才发生快速抬升、剥蚀及明显的区域性西倾(图3),表明了盆地本部也有一定的活动[39],它加剧了天然气自西向东的区域性运移[40],促进了

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

天然气向中部(也有的学者称为西部)隆起区的聚集,促进了靖边至乌审旗地区天然气的聚集,形成气田群[41]。新近纪以来的构造作用还引发了先期形成断裂系统的重新活动,改善了低渗 - 特低渗储层的储集性能,天然气沿着这些重新开启的通道进一步运移聚集,在裂缝发育带附近形成高产气田。侏罗系油藏的高产区既受制于岩性岩相,也与东西向、北东向基底断裂相关。因此,新近纪以来,鄂尔多斯盆地也并不平静,它不仅影响了盆地的山川、地貌,也是天然气进一步运移聚集的动力。

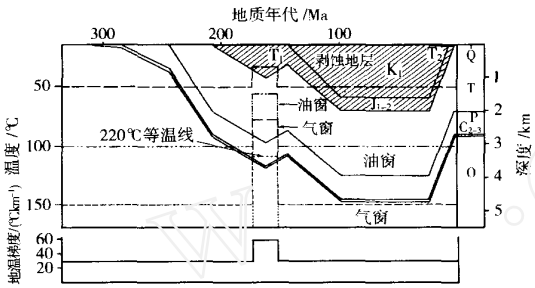


图 3　麒参 1 井沉降抬升史与地热史[36]

Fig. 3　Subsiding-uplifting and geothermal history in Qican 1 well

(表明 23 Ma 以来的快速抬升使白垩系 —侏罗系受到严重剥蚀)

2.2　四川盆地

大量的实际资料表明,四川盆地的各类气藏都经历了两期以上的聚集成藏历程:第一期是以不同时期形成的古隆起、古背斜为中心,在古隆起区及其周缘形成古油气藏,如川南的泸州古油气藏(主要形成于晚侏罗世 - 白垩纪)、川东的开江古油气藏(主要形成于晚三叠世 - 侏罗纪)[42,43]。这些古油气藏含油气面积大,总储量也大,但聚集的丰度不高。泸州古油气藏的原始天然气储量近 10 000 $\times10^8$ m^3,但储量丰度小于 0.4 $\times10^8$ m^3/km^2;开江古油气藏原始天然气储量约 15 000 $\times10^8$ m^3,储量丰度小于 0.6 $\times10^8$ m^3/km^2;第二期是在新近纪以后的四川运动形成各类背斜以后,天然气进一步聚集形成具有工业价值的气藏[35]。在川南气区(泸州古气藏区及其周缘)及川东气区(开江古油气藏区及其周缘)都发现了数十个以各类背斜为主要圈闭的气田,虽然它们的总储量已明显减少,但储量丰度明显增大,多数气田为 4 $\times10^8$～10 $\times10^8$ m^3/km^2,在川南气区还可以看到气藏的充满度从古隆起顶部至翼部明显减小(图 4、表 2),表明了四川盆地气田的成藏历程虽然较长,但成藏的关键时刻是新近纪以来各类背斜形成之后,四川盆地数以百计的各类气藏均最终形成、定型于新近纪以来的构造运动[42,44]。

地质时代	海西晚期				印支期				燕山期				喜马拉雅期		
	D	C	P_1	P_2	T_1f	T_1j	T_2l	T_3	J_1	J_2	J_3	K	E	N	Q
构造发展演变							古隆起形成发展				构造形成				
阳新统源岩演化									生烃高峰						
嘉陵江组源岩演化												生烃高峰			
二叠、三叠系油气成藏							古油气聚集期					现今气藏形成期			

图 4　四川盆地泸州古隆起区气藏形成模式

Fig. 4　Reservoiring model in Luzhou paleohigh area, Sichuan basin

表 2　四川盆地泸州古隆起区嘉陵江组一段气藏含气情况表

Table 2　Gas reservoirs in the 1st member of Jialingjiang Formation in Luzhou paleohigh area, Sichuan basin

气田名称	构造闭合度/m	气水界面海拔高度/m	气藏高度/m	气藏充满程度/%	构造部位
阳高寺	440	- 1 100	460	100	核部
付家庙	320	- 1 100	220	70	翼部
庙高寺	145		大于 145	100	翼部
高木顶	440	- 55	50	11	边部
官渡塘			0	0	边部
合江南高点	260	- 1 850	100	38	翼部
塘河	1 100	- 900	75	7	边部
石龙峡	1 450		200 左右	12	边部
东溪	700	- 830	60	8	边部

3　东部

3.1　有机成因气

由于太平洋板块的向西俯冲,我国东部油区新近纪以来的构造运动也十分活跃,形式更为多样[45]。华北 - 渤海湾 - 下辽河裂谷系在新近纪形成了以渤中凹陷为主体的统一的坳陷型湖盆,它沉积厚度巨大,沉降速率高达 0.267 mm/a(图 5),形成了以古近系东营组 —沙河街组一段、沙河街组三段两套主力烃源岩,其中东营组 —沙河街组一段烃源岩至今仍处于生烃高峰时期。新近纪末期强烈的构造运动 ——渤海运动,在新近纪明华

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

镇组及馆陶组形成了众多的背斜圈闭及断裂系统,构成了良好的垂向油气输导系统网及储聚场所,为渤海海域新近系成为重要的含油气层系提供了有利的地质条件[4~7]。目前,在渤海海域明华镇组、馆陶组探明的油气储量为渤海海域探明储量的94%[7]。在济阳、辽河及冀中坳陷新近纪以来构造运动对气藏形成的影响虽不如渤海海域显著,但也有一定的控制作用,晚期产生的断裂促进了次生气藏的形成[41],新近系—第四系气层气储量占渤海湾盆地陆上部分天然气总储量的8.7%。在苏北盆地盐亭凹陷,新近纪以来的构造运动促进了古生代源岩的二次生烃,形成了朱家墩气田[46]。在松辽盆地,新近纪以来的构造运动进一步加剧了从晚白垩世晚期开始的回返萎缩,促进了以生物降解作用为主形成的阿拉新、红岗气藏,也促使天然气从油藏中脱溶,形成次生气藏、气顶,如二站气田、英台、喇麻甸、葡萄花气藏[47]。

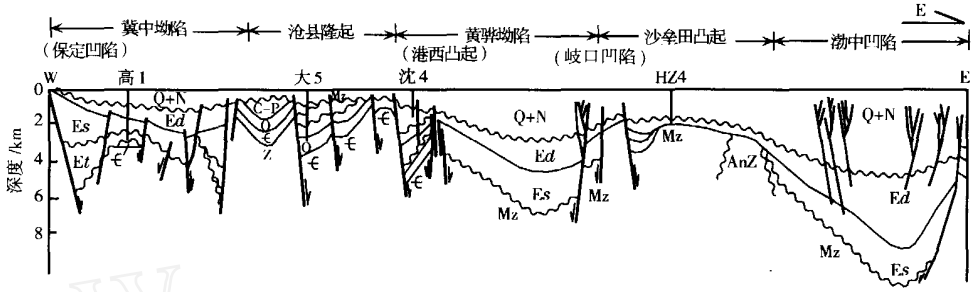


图5 渤海湾盆地区域剖面图[6]

Fig. 5 Regional cross section of Bohai Bay basin

3.2 无机成因气

在东部油区的东带及近海海域的松辽、黄骅、济阳、苏北、三水盆地或坳陷以及东海陆架盆地瓯江凹陷都有无机成因的二氧化碳气田,气源均来自地幔和岩浆脱气及碳酸盐岩热分解、热变质作用[48,49]。在这些盆地或坳陷,天然气中的氦含量远高于壳源氦的表征值,属壳-幔二元混合型氦。这些无机成因气藏及幔源氦异常均形成于新近纪-第四纪,与展布在中国东部的新近纪(北西西向)至第四纪(北北东向)含幔源包体的碱性玄武岩喷溢为主的构造岩浆岩带关系密切[48,50,51],表明了在中国东部及近海区受制于西太平洋敛聚型板块的俯冲,新近纪以来深部断裂的进一步活动也是无机成因气的主要释放和聚集时期,形成非烃气藏。

4 海域

4.1 东海西湖凹陷

由于菲律宾海板块沿着钩鱼岛隆褶带东缘向北的移动所产生的左旋挤压,西南日本岛弧运动和渔山-久米断裂的右旋共同对西湖凹陷产生的挤压作用[52],在晚中新世末期及新近纪末期的龙井运动影响最广,在西湖凹陷中部形成了北北东向的大型背斜——浙东长垣,由玉泉、龙井、西冷、苏堤4个构造带呈雁行状排列组成,背斜带长约400 km,在凹陷东西两侧原有压性构造此时也得到了加强,并产生了一些新的挤压背斜,如平湖、初阳、云亭等构造,龙井运动所形成的各类挤压背斜遍及全凹陷[52],成为区内油气聚集成藏最重要的一次构造运动(图6)。

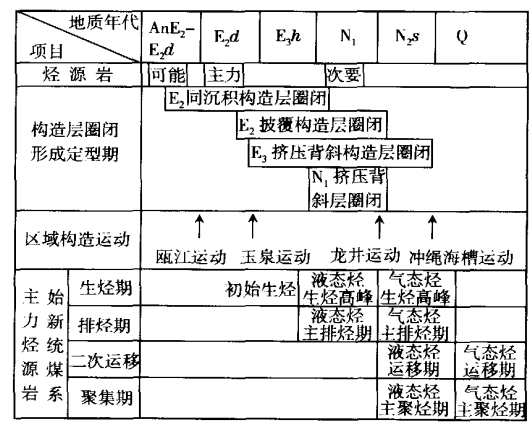


图6 东海陆架盆地西湖凹陷成藏示意图

Fig. 6 Sketch map of gas reservoiring in Xihu depression, East China Sea shelf basin

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4.2　莺琼盆地

莺琼盆地位于特提斯构造域与滨太平洋构造域交汇处,新生代以来热构造作用及地压作用都十分活跃,有较高的热流值(大于80 mW/m^2),较高的地温梯度(大于40 ℃/km),加之上新世 - 第四纪的急剧沉降和快速沉积,仅在最近2 Ma,源岩的温度就剧增了80 ℃～130 ℃[37],地层压力也急骤增高达1.8 MPa以上,它不仅为区内崖 13 - 1、东方 1 - 1 等大型气田提供了丰富的气源,这些气田现今仍处于主聚气阶段,成为中国比较典型的超晚期(第四纪)快速成藏的实例[53]。区内自新近纪以来的快速沉降及强烈的热构造活动,也促进了区内不同阶段形成的烃气、氮气和二氧化碳气混存[54],形成了莺歌海盆地天然气组成的复杂性和运聚的多期性[55]。高温高压的热流体作用,使中央坳陷区泥拱构造活跃,在其上方形成了以垂向裂隙为主的纵横交错的裂缝带,促进了深部烃类向浅部运聚的独具特色的成藏模式(图 7)[53,56]。

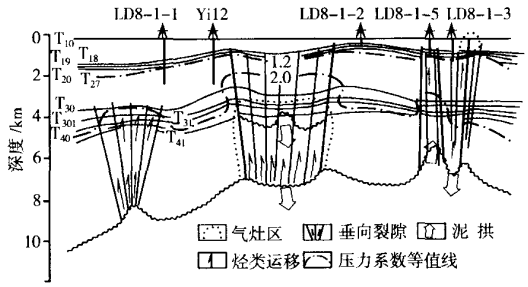


图 7　莺歌海盆地热流体泥拱构造成藏模式[57]

Fig. 7　Reservoiring model of hot fluid-mud diapiric structure in Yingehai basin

5　结语

分析中国各主要盆地天然气的成藏历程不难看出:以早期(中生代为主)生烃聚集、晚期超晚期(新近纪 - 第四纪)定型成藏型以及早期(中生代为主)生烃成藏型为主的含气盆地,由于经历了多期次的构造运动天然气所遭受的破坏程度较大,在某些构造单元、某些构造天然气已完全散失。在中国南方地区由于多期构造运动的破坏作用,保存条件成为区内天然气前景评价的最关键要素[58]。四川盆地川东石碳系含气系统现今圈闭资源量仅为开江古油气藏资源量的 30 %,有近 70 % 的资源量被散失,但这一散失过程是开江古油气藏形成以来 1.5 亿年的最终结果[47],并不能被认为仅是新近纪以来构造运动破坏的结果。从现有气藏的成藏关键时期与主要构造运动关系对中国天然气成藏历程进行总结,中国大多数气田都形成、定型于古近纪 —新近纪,甚至是第四纪,晚期(古近纪 —新近纪)、超晚期(第四纪)成藏定型是中国天然气成藏最重要的特征之一[9]。新近纪以来的构造发展与演化历史与中国主要含气盆地气藏的形成与保存关系十分密切,对中国现今天然气分布格局起了十分重要的促进作用,它不仅在具有高热流值的近海含气(油)区及东部油(气)区促进了天然气的晚期、超晚期成藏,有利于大中型气田的形成,在低地温场西部气(油)区的前陆盆地以及中西部的大型含气(油)盆地中,也是气藏的主要形成与定型时期,因此,中国主要含气(油)盆地新近纪以来的构造发展与演化历史对于中国气藏的形成、保存及展布特征都具有不可忽视的重要意义。

参　考　文　献

1　地质矿产部《地质辞典》办公室. 地质辞典(一),普通地质,构造地质(下册)[M]. 北京:地质出版社,1983. 331～332

2　牛嘉玉,王红军,鲁卫华. 中国重油和沥青砂资源地质特征[A]. 见:中国工程院,环太平洋能源与矿产资源理事会,中国石油学会. 21 世纪中国暨国际油气勘探展望[C]. 北京:中国石化出版社,2003. 48～51

3　曾溅辉,左胜杰. 喜马拉雅运动对吐哈盆地油气藏的影响[J]. 石油与天然气地质,2001,22(4):382～384

4　赖万忠. 渤海海域天然气勘探前景[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(3):168～173

5　龚再升,王国纯,贺清. 上第三系是渤中坳陷及其周围油气勘探的主要领域[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(3):145～156

6　侯贵廷,钱祥麟,蔡东升. 渤海中、新生代盆地构造活动与沉积作用的时空关系[J]. 石油与天然气地质,2000,21(3):201～206

7　龚再升,王国纯. 渤海新构造运动控制晚期成藏[J]. 石油学报,2001,22(2):1～7

8　王庭斌. 天然气与石油成藏条件差异及中国气田成藏模式[J]. 天然气地球科学,2003,14(2):79～86

9　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

10　Соколов В А Процессы образования и миграций нефти и газа [M]. Москва: Недра,1965. 3～15

11　[苏]维索茨基 И В 天然气地质学[M]. 戴金星,吴少华译. 北京:石油工业出版社,1986. 1～33,196～211

12　Robert S J,Nunn J A. Episodic fluid expulsion from geopressured sedi-

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

mends[J]. Marine and Petroleum Geology,1995,20(5):302～311
13 Leythaeuser D,Schaeler R G,Arif Y,et al. Role of diffusion in primary of hydrocarbons[J]. AAPG Bull,1982,66(4):408～429
14 郝石生,陈章明. 天然气藏的形成和保存[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 44～59
15 王庭斌. 天然气运移理论对我国天然气地质学建立的重要贡献[J]. 石油大学学报(自然科学版),2000,24(4):4～11
16 黄汲清. 中国地质构造基本特征的初步总结[J]. 地质学报,1960,40(3):1～37
17 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社,1997. 39～42,115～157
18 万天丰,朱鸿. 中国大陆及邻区中生代-新生代大地构造与环境变迁[J]. 现代地质,2002,16(2):107～120
19 任纪舜,姜春发,张正坤,等. 中国大地构造作用及其演化[M]. 北京:科学出版社,1980. 110～127
20 吴珍汉,吴中海,江万,等. 中国大陆及邻区新生代地貌演化过程与机理[M]. 北京:地质出版社,2001. 30～35,150～160
21 孙殿卿,黄汉纯. 中国晚近构造基本特征(国际地质交流地质学术论文集)[M]. 北京:地质出版社,1985. 77～88
22 崔军文. 喜马拉雅碰撞带的构造演化[J]. 地质学报,1997,71(2):105～112
23 马宗晋,张家声,汪一鹏. 青藏高原三维变形运动学的时段划分和新构造分区[J]. 地质学报,1998,72(3):211～227
24 张培震,王琪. 中国大陆现今地壳运动和构造形变[A]. 见:马宗晋,汪一鹏,张燕平. 青藏高原现今变动与岩石学[C]. 北京:地震出版社,2001. 21～35
25 杨明慧,刘池洋. 中国中西部前陆盆地特征及含油气性[J]. 石油与天然气地质,2000,21(1):46～49
26 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱-冲断层样式[J]. 地学前缘,1995,2(3):59～68
27 刘池洋,赵红格,杨兴科. 前陆盆地及其确定和研究[J]. 石油与天然气地质,2002,23(4):307～313
28 陈发景,汪新文. 含油气盆地地球动力学模式[J]. 地质论评,1996,42(4):304～310
29 黄汲清,陈炳蔚. 特提斯-喜马拉雅构造域上新世-第四纪磨拉斯的形成及其与印度板块活动的关系(国际地质交流地质学术论文集)[M]. 北京:地质出版社,1980. 1～14
30 金之钧,吕修祥. 塔西南前陆盆地油气资源与勘探对策[J]. 石油与天然气地质,2000,21(2):110～113
31 田作基,宋建国. 库车新生代前陆盆地与南天山造山带的耦合关系及油气勘探方向[A]. 见:中国石油学会石油地质专业委员会编. 油气盆地研究新进展[C]. 北京:石油工业出版社,2002. 37～53
32 刘志宏,卢华复,贾承造,等. 库车再生前陆盆地的构造与油气[J]. 石油与天然气地质,2001,22(4):297～303
33 赵靖舟. 前陆盆地天然气成藏理论及应用[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 11～15,85～88
34 魏国齐,贾承造,施央申,等. 塔里木新生代复合再生前陆盆地构造特征与油气[J]. 地质学报,2000,74(4):124～133
35 赵靖舟,戴金星. 库车前陆逆冲带天然气成藏期与成藏史[J]. 石油学报,2002,23(2):6～10
36 林忠民. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征及成藏条件[J]. 石油学报,2002,23(3):23～16
37 周兴熙. 塔里木盆地天然气的形成条件及分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 17～21
38 冯福凯,王庭斌,张士亚,等著. 中国天然气地质[M]. 北京:地质出版社,1995. 1～15
39 邸领军,张东阳,王宏科. 鄂尔多斯盆地喜山期构造运动与油气藏[J]. 石油学报,2003,24(2):34～37
40 李良,袁志祥,惠宽洋,等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J]. 石油与天然气地质,2000,21(3),268～271
41 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确定与勘探方向[J]. 石油实验地质,1996,18(4):341～347
42 戴金星,宋岩,张厚福. 中国天然气的聚集区带[M]. 北京:科学出版社,1997. 91～107
43 郭正吾. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1996. 120～135
44 李晓清,汪泽成,张升为. 四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2001,22(4):347～351
45 吴世祥,汪泽成,张林,等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质,2001,22(3):210～216
46 任纪舜,牛宝贵,和政军,等. 中国东部的构造格局和动力演化[A]. 见:曹佑功主编. 全球构造带超大陆的形成与裂解,第30届国际地质大会论文集(第6卷)[C]. 北京:地质出版社,1997. 1～12
47 陈安定,王文军,岳克功,等. 苏北盆地盐城朱家墩气源及发现意义[J]. 石油勘探与开发,2001,28(6):45～49
48 王小凤,李中坚,陈柏林,等. 郯庐断裂带[M]. 北京:地质出版社,2003. 269～321
49 戴金星,宋岩,戴春森,等. 中国东部无机成因气及其气藏形成条件[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 195～207
50 朱岳年,吴新年. 二氧化碳地质研究[M]. 兰州:兰州大学出版社,1994. 1～13
51 许多,周瑶琪,朱岳年,等. 中国东部幔源 CO_2 气藏的 $CO_2/^3He$ 比率及形成机制[J]. 石油与天然气地质,1999,20(4):290～294
52 戴金星,王庭斌,宋岩,等. 中国大中型气田形成条件与分布规律[M]. 北京:地质出版社,1997. 1～55,156～159
53 许浚远,张凌云. 西太平洋边缘新生代盆地成因(上):成盆机制评述[J]. 石油与天然气地质,2000,21(2):93～98
54 马启富,陈思忠,张启明,等. 超压盆地与油气分布[M]. 北京:地质出版社,1999. 156～196,215～231
55 郝芳,邹华福,黄保家. 莺歌海盆地天然气生成模式及其成藏流体响应[J]. 中国科学(D辑),2002,32(11):889～895
56 陈红汉,付新明,杨甲明. 莺-琼盆地崖13-1气田成藏过程分析[J]. 石油学报,1997,18(4):12～31
57 黄春菊,陈开远,李思田. 莺歌海盆地泥底辟活动期次分析[J]. 石油勘探与开发,2002,29(4):44～46
58 赵宗举,朱琰,李大成,等. 中国南方构造形变对油气藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2002,23(1):19～26

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net