

文章编号: 0253-9985(2005)05-0688-06

江汉平原区构造演化对中、古生界油气系统的影响

肖开华¹, 陈红², 沃玉进¹, 周雁¹, 张云霞¹

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083 2. 江汉油田分公司勘探开发研究院, 湖北潜江 433124)

摘要: 江汉平原区中、古生界经历了加里东、海西—早印支、晚印支—早燕山、晚燕山—喜山期等多旋回沉积构造发展阶段, 纵向上构成了震旦系—志留系及志留系—侏罗系两套油气系统。每一个构造运动期都是一次油气的大规模运聚期。构造运动所产生的构造裂缝对区内储层的储集性能具有明显的改善作用, 构造运动形成的风化壳是储层发育的有利层段。加里东、海西—早印支、晚印支—早燕山以及晚燕山—喜山期 4 次主要构造活动, 使得 4 套油气保存单元经历了形成—改造、破坏—残存或重铸的演变过程。印支期以来的构造运动是江汉平原区中、古生界油气系统形成和演化的主要动力和影响因素。印支期区内构造格局以大隆大坳为特征, 是区内烃源岩的生烃高峰期, 形成了隆起区早期的油气富集。早燕山期是区内中、古生界内幕构造的主要形成期, 同时, 也是油气运聚和油气藏形成的主要时期。晚燕山—喜山期则是油气藏改造和调整期, 不同类型的油气藏最终定型于喜山期。区内仙桃—戴家场和当阳次级深拗陷是原生改造型油气藏勘探的有利地区, 沉湖—土地堂复向斜北部麻洋潭构造带是晚期生烃型油气藏勘探的有利地区, 丫新和万城潜山带是次生多源型油气藏勘探的最有利地区。

关键词: 油气系统; 构造演化; 油气成藏; 中、古生界; 江汉平原区

中图分类号: TE111.1 **文献标识码:** A

Impact of tectonic evolution on Paleozoic and Mesozoic petroleum systems in Jianghan plain

Xiao Kaihua¹, Chen Hong², Wo Yujin¹, Zhou Yan¹, Zhang Yunxia¹

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing;

2. Exploration & Production Research Institute, Jianghan Oilfield Company, SINOPEC, Qianjiang, Hubei)

Abstract During Paleozoic and Mesozoic, Jianghan plain had experienced multicycle sedimentary tectonic evolution, including Caledonian, Hercynian-Early Indosinian, Late Indosinian-Early Yanshanian, and Late Yanshanian-Himalayan movements, leading to the formation of Sinian-Silurian and Silurian-Jurassic petroleum systems. Large scale hydrocarbon migration and accumulation has occurred in every tectonic movement stage. The tectoclases resulting from tectonic movement can remarkably improve the poroperm characteristics of reservoirs. The weathering crusts resulting from tectonic movement are favorable reservoir intervals. The 4 hydrocarbon preservation units have experienced an evolution process of formation-reconstruction, destruction-survival or reformation during these 4 major tectonic movements. The tectonic movements developed since Indosinian are the main driving force and influential factors of the formation and evolution of Mesozoic-Paleozoic petroleum systems. In Indosinian, tectonic framework in this area is characterized by large uplift and large depression and the source rocks have entered the peak hydrocarbon generation stage, resulting in the early enrichment of hydrocarbons in the uplifted area. Early Yanshanian is the main period of the formation of Mesozoic-Paleozoic intrasequence structures and hydrocarbon migration and accumulation. While Late Yanshanian-Himalayan is the period of reservoir reconstruction and adjustment, leading to the finalization of various types of reservoirs in Himalayan. Xiantao-Daijiachang and Dangyang secondary deep depressions are the favorable areas for exploration of reconstruction

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科研项目 (P03077)

第一作者简介: 肖开华, 男, 41 岁, 高级工程师, 石油地质

收稿日期: 2005-08-20

type reservoirs. Mayangtan structural belt in the northern part of Chenhu-Tuditang synclinorium is the favorable area for exploring the late hydrocarbon-generation type reservoirs. Yaxin and Wancheng buried-hill belts are the most favorable area for exploration of secondary and multiple source types oil/gas reservoirs.

Key words petroleum system; tectonic evolution; reservoiring; Mesozoic; Jianghan plain

江汉平原区中、古生界在漫长的地质历史演化过程中经历了加里东、海西—早印支、晚印支—早燕山、晚燕山—喜山期等多旋回沉积构造发展阶段, 纵向上构成了震旦系—志留系(下组合)及志留系—侏罗系(上组合)两套油气系统^[1]。历次的构造运动对中、古生界油气系统的形成、演化、调整与改造起到了明显的制约作用。

1 控制油气生成和运聚

油气的生成和运聚与构造演化史密不可分, 构造运动是油气大规模运聚的直接动力, 每一次构造运动期都是一次油气的大规模运聚期。

1.1 加里东期

早古生代, 江汉平原区处于“两槽夹一台”(即东南海槽、秦岭海槽和扬子地台)的大地构造环境。江汉平原区地域宽广, 从盆地相、台地边缘相到台地相等各类相带发育齐全。该区不但油源丰富, 是下古生界的主力生油区, 同时, 也是加里东期古隆起、古断裂等发育的主要地区。从下寒武统的埋藏史和生烃史来看, 志留纪末的加里东期正是下组合烃源岩(下寒武统)的生油高峰期(表 1)。该期的主要生油坳陷在江汉平原南部^[2]。紧邻江汉平原南部生油坳陷的雪峰隆起区是早古生代油气生成、运移和聚集配置关系最为理想的地区, 次为江汉平原南部斜坡—京山古隆起。在雪峰隆起下古生界露头区发现的古油藏被破坏的大量沥青显示(如凤凰和宁乡黄材的大型沥青脉和沥青矿), 证明加里东期是一次生烃高峰期和油气运聚成藏期, 雪峰隆起是加里东期最有利的油气聚

集带。但该带油气后期遭受了破坏, 而江汉平原的南部斜坡—京山古隆起后期油气保存条件较好, 是寻找下组合油气藏的有利地区。

1.2 印支期

晚古生代—中三叠世, 本区属统一的南华晚古生代地台内部拗陷的一部分。由于拉张机制的古地球动力学环境, 在稳定的、普遍发育台地相的基础上, 常伴有众多次级的台洼及礁滩相带, 形成了晚古生代特有的生储盖组合。三叠纪末的印支运动, 形成了北西向隆、坳为主体的构造格局(图 1), 其隆起区为下古生界油气运移的指向区。

从下志留统和二叠系两套主力烃源岩的埋藏史和生烃史来看, 中三叠世末的印支运动为志留系烃源岩进入生油高峰的关键时刻(表 1)。该期的主要生油坳陷位于当阳和沉湖地区, 主要聚油区是印支期的钟祥—潜江、黄陵、洪湖—蒲圻古隆起。黄陵隆起周围和京山凸起上众多二叠系、三叠系油气显示的分布, 就是印支期油气聚集带的反映。因此, 黄陵隆起的东斜坡(宜昌地区), 丫新—通海口低凸起的南斜坡(江陵凹陷北部)和沔阳(彭场)—洪湖印支期古隆起是这一时期的主要聚油区。该期二叠系主力烃源岩生油高峰期为早燕山期, 主要生油坳陷位于当阳和沉湖地区, 主要聚油区与下志留统的聚油区大同小异。目前于黄陵古隆起(印支期)周围、通海口古隆起和洪湖古隆起海相二叠系、三叠系发现众多的井下油气显示即是有力的佐证。

1.3 燕山—喜山期

中、新生代既是本区海相油气的一次主要成

表 1 江汉平原区各时期生烃量数据表*

Table 1 A table of hydrocarbon generation data during different periods in Jianghan plain

层 系		晚燕山期	早燕山期	印支—海西期	加里东期
上组合 (S—T ₁)	生烃量 /10 ⁸ m ³	65 140	405 730	223 360	/
	比例 /%	9.4	58.4	32.2	/
下组合 (Z ₂ —O)	生烃量 /10 ⁸ m ³	11 930	228 480	725 760	1 276 300
	比例 /%	0.5	10.2	32.4	56.9

* 汪仕忠, 王正元, 旷理雄, 等. 江汉探区油气资源评价研究. 江汉油田分公司科研报告, 2000

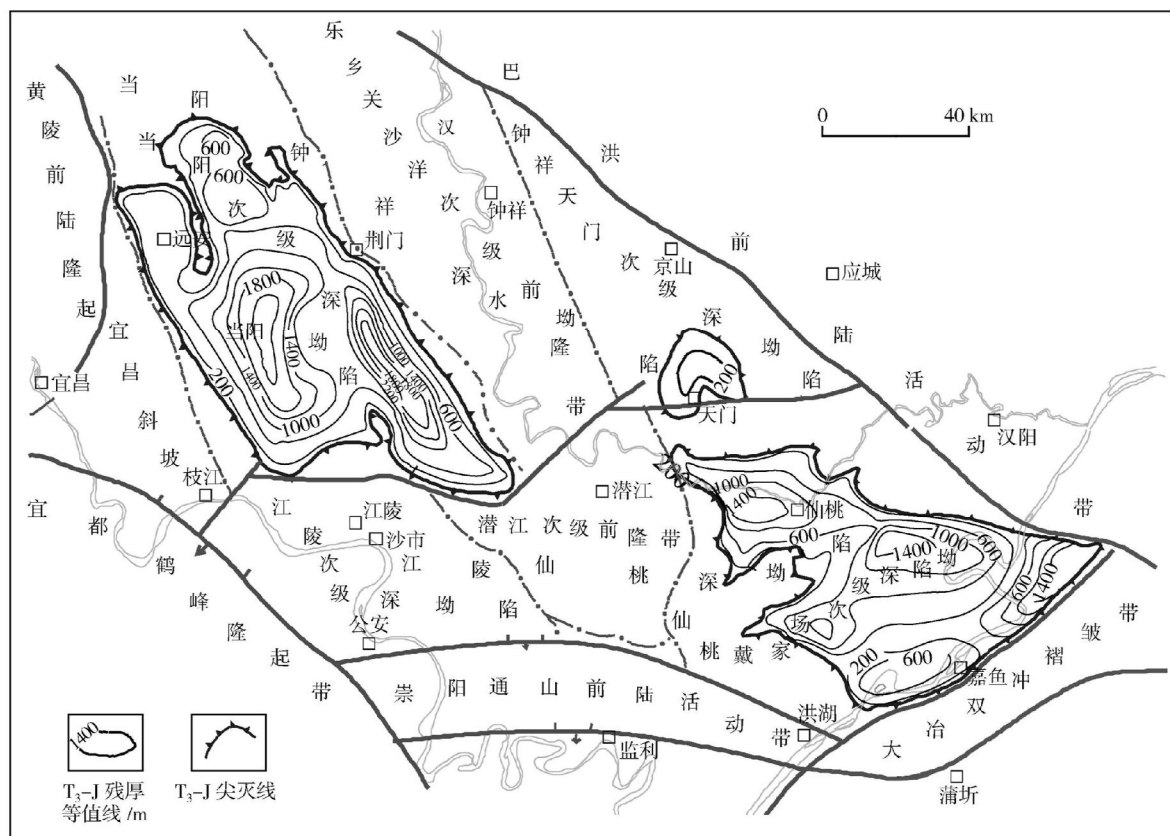


图 2 江汉平原区燕山早期构造区划图

Fig. 2 Diagram showing the Early Yanshanian tectonic division in Jiangnan plain

米不等,薄层灰岩中,往往消失于层面处;裂缝形状极不规则,呈树枝状。镜下观察常见有多组微裂缝相互切割,裂缝的形成具有多期性。

2.2 风化壳

构造运动使地壳隆升、暴露地表,长期遭受风化剥蚀和淡水淋滤,形成发育的碳酸盐岩溶孔、溶缝。南方碳酸盐岩地区历经加里东、海西、印支多期的构造运动,与之相应的必然是伴以多期次的区域性古岩溶发育过程,形成多层以岩溶为主体储集空间的储集岩层^[4]。古风化壳储层在本区纵向上分布层位稳定,横向上分布范围较广。印支运动造成下三叠统嘉陵江组的风化剥蚀,如胡场地区仅残留嘉陵江组一段,红丰-簪洲和当阳地区嘉陵江组四、五段也遭受不同程度的剥蚀,形成了大量的溶蚀孔隙。早二叠世末期的沉积间断造成茅口组的风化剥蚀,改善了茅口组储层的储集性能。云南运动造成上石炭统与上覆下二叠统呈假整合接触,使上石炭统遭受不同程度的剥蚀。风化剥蚀和溶蚀作用形成大量的溶蚀孔隙,进一步提高了上石炭统储集性能。

3 形成圈闭

圈闭的形成受区域构造演化的控制,印支运

动一幕(安源运动)华北陆块与华南陆块碰撞,秦岭海关闭,江汉平原区形成了大隆大坳的构造格局。继安源运动之后,进入早燕山旋回,在南、北大规模推覆的同时,造成本区地层强烈褶皱,全区局部圈闭基本形成,逆冲断层开始发育,形成断层转折褶皱及断层传播褶皱,早燕山旋回是本区海相地层内幕构造圈闭形成的关键时期。

白垩纪,构造发生负反转,进入大规模拉张断陷发展时期。由于应力场由挤压型转变为拉张型,圈闭内主要断裂复活,形成“二次”张性断裂,区内多数圈闭发育的张性断裂对本区早期形成的构造圈闭起破坏作用,对古生界原生油气藏的保存极为不利。

因此,早燕山期及其以前的历次构造运动是古生界内幕构造的主要建造期,晚燕山—喜山期是古生界内幕构造的改造期。从圈闭的形成演化过程来看,寻找晚燕山期构造活动较弱的弱拉张变形地区是本区油气勘探的关键。晚燕山期形成的局部隆起是油气运移指向区。宜昌斜坡是寻找岩性圈闭、地层圈闭等非背斜型圈闭的有利区带。

江汉平原区古潜山型圈闭的形成主要与喜山期构造运动有关。由拉张断层使断层上下两盘产

生不均衡的运动,造成下盘地层旋转、翘倾,因此古潜山及圈闭的形成与断层活动密切相关。自始新世中期至始新世晚期,盆地进入强烈拉张断陷时期,区内大量的北东向或近北东向的断裂和部分北西向断裂强烈活动,古潜山基本形成。渐新世末期,由于受到一次弱挤压运动,盆地大部地层出露水面遭受剥蚀,是古潜山的定型期。据构造演化史的分析,新沟、万城和天门河潜山带形成时期较早,开始于白垩纪。江汉平原区南部的潜北和通海口潜山带形成较晚,开始于早第三纪始新世的中、晚期,它们均于渐新世末期定型。

4 影响保存条件

南方海相油气勘探的关键是油气的保存条件。保存条件包括盖层的封闭性、断层的封堵性和水文地质的开启性 3 大因素^[5]。3 大因素在地质历史时期中的演化过程与区域构造演化密不可分。江汉平原区纵向上存在有志留系、中三叠统、侏罗系—上三叠统和白垩系—下第三系 4 套区域盖层,构成了 4 套油气保存单元。加里东、海西—早印支、晚印支—早燕山以及晚燕山—喜山期 4 次主要构造活动,使得 4 套油气保存单元遭受了不同程度的剥蚀和改造,经历了形成—改造、破坏—残存或重铸的演变过程。由于各期构造运动在平面上存在的差异,致使盖层的剥蚀程度、断层的活动性等也在平面上也均存在着差异,从而使得各套保存单元在纵向上和平面上存在有一定的差异性。根据各套保存单元的改造特征,江汉平原区分为加强型、保持型和重建型 3 类保存条件^[6-7]。依据盖层的分布、叠置、性质等方面特征,结合水文地质条件、断层发育状况,以及油气勘探目的层的成藏条件,综合分析认为沔阳地区为油气保存有利区,潜江、江陵、丫新地区为油气保存较有利区,当阳、岳口、通海口地区保存条件相对较差。

5 形成类型多样的油气藏

由于江汉平原区构造的演化过程及多期改造的复杂性,导致了其中、古生界油气演化的复杂性,产生了成因多样、成藏规律复杂的油气藏。同时由于后期构造的改造及破坏,造成大量先期形成的油气逸散及油气藏的破坏,从而使本区中、古生界具有改造(残留)型盆地和晚期油气成藏的特点^[8],也决定了本区油气藏类型多样、成藏过程曲

折、成藏规律复杂。从成因角度出发,可将本区中、古生界海相地层油气藏分为 3 类,即原生改造型、晚期生烃型及次生多源型。各类油气藏成藏模式的成因机理虽然不尽相同,但均与区域构造演化有着内在、密切的联系。

5.1 原生改造型

原生改造型油气藏成藏模式包括两类:一是指海相烃源岩早期生成的油气,聚集在适合的圈闭(包括岩性圈闭、构造圈闭)之后,在后期的构造改造过程中未发生大规模运移或未发生严重破坏而保存下来的油气藏。二是指原生油气藏经重新调整、改造,再次运聚形成的油气藏。

5.1.1 下组合

加里东沉积时期,江汉平原区的生烃凹陷为南、北部的斜坡—盆地相区,加里东—海西期形成的巨大生烃量,为油气成藏提供了有利的物质基础。受印支运动的影响,江汉平原区形成了宽缓的大隆大坳的构造格局,而此时下组合油气系统的烃源岩层系已达到生烃高峰期,生烃量为 $200.206 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占区内下组合油气系统总生烃量的 89.3%,并导致了生烃凹陷生成的油气向构造高部位侧向运移,在隆起区形成油气聚集。但局部隆起,如钟祥—仙桃、黄陵、洪湖—蒲圻隆起,因抬升剥蚀,区域盖层遭受破坏,部分油气散失。早燕山期挤压运动,形成了众多的构造圈闭,大量的油气向圈闭中运移,形成了早期的原生型油气藏。晚燕山期的拉张运动,致使多数构造发生负反转,断裂、裂缝成为油气调整和再分配的通道,促使其向改造型油气藏演化。早期形成的原生油气藏经受调整、改造,最终于喜山期定型^[9]。

5.1.2 上组合

对上组合油气系统油气藏而言,早燕山期同样是圈闭形成的主要时期,同时也是油气大量生成的高峰期。此时上组合油气系统的生烃量占其总生烃量的 58.4%。因此,早燕山期既是上组合海相原生内幕构造形成时期,也是上组合原生型油气藏形成的时期,并在后期构造运动较弱的地区才得以保存下来。早燕山期末至晚燕山期,区内产生逆冲断裂,断裂规模逐步增大,部分逆冲断裂的产生与发展,必然分割、破坏背斜构造,使已聚集的油气重新调整,再分配到新的圈闭中。同时,燕山早期的宁镇运动使本区隆升幅度达 300~4 000 m,部分大幅度隆升区的盖层被剥蚀,储集层

暴露地表或剥蚀,对油气的聚集、保存具有较大的破坏作用。同样,上组合油气藏也是最终定型于喜山期。以上两类型的油气藏均以沉湖-土地堂复向斜南部最为有利。

5.2 晚期生烃型

晚期生烃型油气藏是指烃源岩早期进入生油门限或生油高峰后,由于构造运动的抬升,埋藏变浅,烃源岩停止了生烃的过程,但在后期的深埋过程中,烃源岩再次生烃,经油气运聚而形成的油气藏。

晚期生烃型油气藏主要形成于晚燕山-早喜山期。印支运动和早燕山期的宁镇运动形成的局部隆起及其斜坡区,由于构造抬升,埋藏变浅,烃源岩停止生烃。燕山晚期-喜山早期江汉平原区拉张构造活动期,使区内早燕山期形成的剥蚀山地向白垩-第三纪断陷盆地转化,海相地层再次深埋,进入“二次”生烃期,形成晚期生烃型油气藏。如沉湖-土地堂复向斜的麻洋潭构造,据岳参2井揭露,白垩系沉积之前,下三叠统大冶组二段以上地层全部剥蚀殆尽,上组合主力烃源层停止生油,后期沉积了3063.5m的白垩-第三系后,促使二叠系进入二次生烃,生成的油气向附近的储集层和圈闭中运移而形成了晚期生烃型油气藏。该类型油气藏以潜江乐乡关复背斜南部最为有利。

5.3 次生多源型

次生多源型油气藏是指早期形成的油气藏经白垩-第三纪的伸展环境的改造,在白垩-第三系断陷盆地的边缘,由于断层反转造成白垩-第三系与前白垩系相接触,形成的古潜山式油气藏。油气藏油源是第三系或侏罗系及海相烃源岩,储层为风化壳储层,以断层和剥蚀面为油气运移通道,以垂向运移方式为主所形成的次生多源型油藏的成藏模式。该类油气藏包括白垩系披覆构造、地层不整合圈闭及古潜山等多种类型的油气藏。

次生多源型油气藏主要形成于晚燕山-喜山期。次生多源型油气藏的成藏演化具有其特殊性,主要表现为多油气源:既可来源于中、古生界海相油气,也可来源于上三叠统一侏罗系和下第三系的陆相油气。该型油气藏成藏演化与古潜山构造的形成息息相关,控制古潜山的断裂往往也是油气运移的通道。这类油气藏位于形变和位变较强的区域,其中丫新潜山带、万城潜山带是该类油气藏最有利的勘探区。

参 考 文 献

- 1 赵宗举,朱琰,王根海,等.叠合盆地油气系统研究方法—以中国南方中、古生界为例[J].石油学报,2002,23(1):11~17
Zhao Zongju, Zhu Yan, Wang Genhai et al. The studying method of petroleum system in superposition basin-as an example by analyzing Mesozoic & Paleozoic in southern China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(1): 11~17
- 2 黄良汉.中扬子区海相地层油气源对比[A].见:石宝珩.扬子海相地质与油气[C].北京:石油工业出版社,1993:188~200
Huang Lianghan. Oil-gas-source correlation in marine strata in central Yangzi region[A]. In: Shi Baoheng. Geology of marine strata and petroleum in Yangzi region[C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 188~200
- 3 戴弹申.四川盆地碳酸盐岩缝洞系统形成条件及分布预测[J].天然气工业,1996(增刊):55~63
Dai Danshen. Forming conditions and distributive predication of the fracture-cavity system in carbonate rocks in Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 1996(supplement): 55~63
- 4 戴少武,贺自爱,王津义.中国南方中、古生界油气勘探的思路[J].石油与天然气地质,2001,22(3):195~202
Dai Shaowu, He Zi'ai, Wang Jinyi. Thinking of Mesozoic-Paleozoic hydrocarbon exploration in south China[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(3): 195~202
- 5 郭彤楼,楼章华,马永生.南海海相油气保存条件评价和勘探决策中应注意的几个问题[J].石油实验地质,2002,25(1):3~9
Guo Tonglou, Lou Zhanghua, Ma Yongsheng. Several problems on oil and gas preservation and their commercial prospecting in marine sequences of south China[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 25(1): 3~9
- 6 何登发,马永生,杨明虎.油气保存单元的概念与评价原理[J].石油与天然气地质,2004,25(1):1~8
He Dengfa, Ma Yongsheng, Yang Minghu. Concept and appraisal principles of hydrocarbon preservation unit[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 1~8
- 7 戴少武,贺自爱,王津义,等.整体封存体系的内涵[J].石油与天然气地质,2002,23(2):107~115
Dai Shaowu, He Zi'ai, Wang Jinyi et al. Intension of bulk sealing of system[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 107~115
- 8 郭彤楼,田海芹.南方中-古生界油气勘探的若干地质问题及对策[J].石油与天然气地质,2002,23(3):244~247
Guo Tonglou, Tian Haiqin. Several geological issues about Mesozoic-Paleozoic oil and gas prospecting in southern China and the way of how to deal with it[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 244~247
- 9 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. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126~132

(编辑 李树森)