

文章编号: 1001-6112(2007)01-0019-06

# 中国南方典型气(油)藏控藏模式探讨

徐思煌<sup>1</sup>, 马永生<sup>2</sup>, 梅廉夫<sup>1</sup>, 袁彩萍<sup>1</sup>, 郭彤楼<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074; 2. 中国石油化工股份有限公司 南方勘探开发分公司, 昆明 650200)

**摘要:** 中国南方海相地层经历了多期构造变动, 油气藏大多属于次生油气藏。油气藏的改造与分布主要由各级控藏要素控制。一级控藏要素为成藏流体源, 二级为成藏与改造期次, 三级包括保存条件及圈闭类型等。基于南方二级控藏要素建立了 10 种二级控藏模式, 其中原生烃原生聚集、二次生烃原生聚集、无机成因气原生聚集和混源多期次生聚集等 4 种已被勘探证实, 分别以典型实例命名为“沔 31 井型”、“朱家墩型”、“黄桥型”和“四川型”。南方 8 个典型油气藏的三级控藏模式平面展布特征表明: “四川型”主要分布于上扬子区, “沔 31 井型”以江南隆起周缘为主, “朱家墩型”主要在中下扬子区, “黄桥型”的分布与张性构造有关。

**关键词:** 控藏要素; 成藏流体源; 油气保存条件; 控藏模式; 天然气; 中国南方

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

## NATURAL GAS MODELS CONTROLLED BY GRADED MULTI-FACTORS IN MARINE SEQUENCES OF SOUTH CHINA

Xu Sihuang<sup>1</sup>, Ma Yongsheng<sup>2</sup>, Mei Lianfu<sup>1</sup>, Yuan Caiping<sup>1</sup>, Guo Tonglou<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, 430074, China;

2. Southern Exploration and Production Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China)

**Abstract:** Having multiple stages of tectonic events, most of marine petroleum reservoirs in South China belong to secondary petroleum reservoirs. The reformation and distribution of petroleum reservoirs were mainly controlled by graded pool-controlling factors. The first grade of pool-controlling factors were the pool fluid sources, the second grade were the periods of petroleum formation and reconstruction, and the third included preservation condition and trap types. Ten types of pool-controlling models were set up based on the first two grades of pool-controlling factors in South China. Four of them, including primary source primary accumulation, secondly source primary accumulation, inorganic source primary accumulation and mixed source secondary accumulation, have been confirmed by exploration, named as type Well Mian 31, type Zhujiadun, type Huangqiao, and type Sichuan by known cases. The distribution map of eight typical pools models based on first three grades of pool-controlling factors supports that type Sichuan distribute mainly in Upper Yangtze Block, type Well Mian 31 mainly in margin of Jiannan Uplift, type Zhujiadun in Middle and Lower Yangtze Block, and type Huangqiao mainly in tensional structural area.

**Key words:** pool-controlling factors; pool fluid sources; petroleum preservation condition; pool-controlling models; natural gas; South China

本文研究的中国南方包括秦岭—大别—胶南以南、龙门山和三江造山带以东的中国陆上地区。海相地层经历了多期构造变动, 现存的油气藏绝大多数属于次生油气藏, 且不同区块油气地质特征存在明显的差异性<sup>[1]</sup>。“源岩成熟早”与“圈闭定型晚”是影响中国南方海相油气最终保存的突出矛

盾。而这种“早生、晚聚”矛盾通过“烃源晚化”得到一定程度的缓解。“烃源晚化”有效方式包括: 源岩生烃时期的延迟化、原生油藏的次生裂解化、天然气的水溶化、成藏与改造过程的多期化等。可见, 对于中国南方这类后期改造严重的地区, 原生油气藏形成后的改造与保存过程十分复杂。本文首先

收稿日期: 2006-06-12; 修订日期: 2006-12-02。

作者简介: 徐思煌(1964—), 男(汉族), 江西万年人, 博士, 教授, 主要从事石油及天然气地质的教学与研究工作。

基金项目: 湖北省油气重点实验室基金(YQ2006KF05)。

分析南方海相油气藏改造与分布的主控因素及其控藏机理,再结合典型油气藏实例总结出控藏模式。

### 1 控藏要素分析

不同控藏要素对油气藏的控制范围是不均衡的。中国南方海相油气的控藏要素具有明显的层次性,控制范围越大,级次越高<sup>[2]</sup>。

#### 1.1 多种成藏流体源

中国南方海相地层中以次生成藏为主体,成藏流体并非仅仅来源于传统烃源岩,而是具有更丰富的来源<sup>[3]</sup>。概括而言,中国南方具有原油裂解气、水溶气、无机成因气、源岩热解烃和二次生烃等 5 种独立成藏流体(气)源<sup>[2,4]</sup>,以及 1 种混合成藏流体(气)源。

原油裂解气主要受区域地温场和区域构造作用的控制,与古油气藏或残余油气藏密切相关。水溶气源需要早期区域性构造沉降—高压—溶解、晚期构造抬升—降压—脱溶的条件,在四川盆地、鄂尔多斯等盆地被认为是不可忽视的成藏气源之一<sup>[5~7]</sup>;无机成因气源明显受岩浆和深大断裂的活动影响<sup>[8~10]</sup>;源岩热解烃源直接受南方区域性和地区性烃源岩控制,对于早期形成的原生油气藏(如麻江古油藏)尤其重要;二次生烃源则主要受区域构造抬升、沉降的影响。

成藏流体源总体上属于区域性的,被划归为一级控藏要素<sup>[2]</sup>。在漫长的时、空演化过程中,中国

南方成藏流体源对油气藏的控制作用可概括为如图 1 所示。

#### 1.2 多期成藏、多期改造

中国南方地区存在加里东期等 4 大成藏时期<sup>[11]</sup>和海西期等 5 大改造时期。多期成藏、多期改造的结果,使南方中、古生界油气显示的分布具有时、空不均一性<sup>[12]</sup>。不同改造期的波及范围各不相同(表 1)。改造程度由轻而重,可依次呈现原生油气藏—次生油气藏—残余油气藏+油气苗—古油藏+储层沥青—地表沥青等改造系列。油气成藏与改造期主要受源岩热演化及区域构造的影响<sup>[13,14]</sup>,应被定为二级控藏要素<sup>[2]</sup>。

#### 1.3 多重保存条件

中国南方海相油气具有不同规模的多重保存条件,地区性变化复杂<sup>[15~18]</sup>,为三级控藏要素<sup>[2]</sup>。区域上,构造运动是影响油气保存或散失的根本原因,区域构造背景控制蒸发岩盖层发育、断裂体系性质与规模;其次,地区性的岩浆活动、断裂开启性、盖层有效性共同构成立体的油气封闭体系。局部构造上,油气的稳定性还受地温场、水动力及水化学场、甚至成岩作用场的影响。

#### 1.4 圈闭类型

中国南方海相目的层圈闭类型丰富,勘探发现的圈闭大类包括构造圈闭(背斜圈闭、断块圈闭、裂缝性圈闭等)、地层圈闭(岩性圈闭、生物礁圈闭、不整合圈闭等)和复合圈闭(潜山型圈闭等)等 3 大类

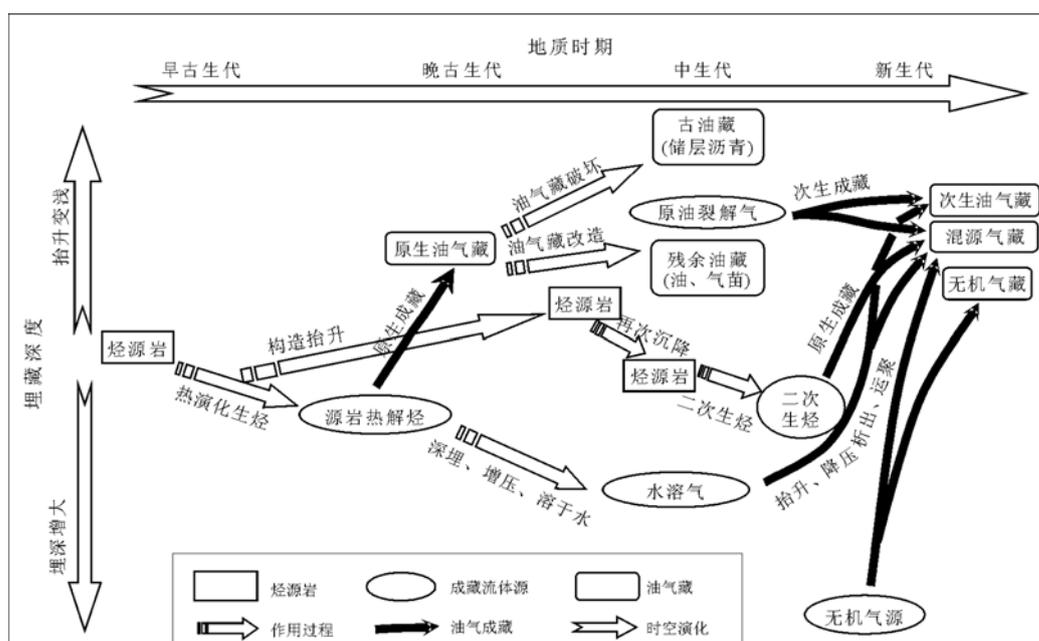


图 1 中国南方成藏流体源的转化关系及其控藏作用<sup>[2]</sup>

Fig. 1 Relationship among pool fluid sources and their control to gas pools in South China

表 1 中国南方海相油气藏主要改造期的波及范围

Table 1 Reconstruction range of marine petroleum in South China

改造时期	波及范围
海西期	主要集中于江南隆起怀玉山造山带
印支期	相对集中于江南隆起怀玉山造山带,湘鄂西、黔东南断褶带,黔南坳陷
燕山早期	相对集中于江南隆起怀玉山造山带、湘鄂西黔东南断褶带、桂中坳陷,其他少数区块也有所波及
燕山晚期—喜山早期	以桂中坳陷、黔南坳陷和南盘江坳陷、江南隆起怀玉山造山带、苏皖南断块区为主,其他各区块也有一定的波及
喜山晚期	以桂中坳陷、黔南坳陷、南盘江坳陷为主,其他各区块均有一定的波及

及众多小类。同保存条件一样,圈闭条件也属于三级控藏要素。此外,南方不同区块的其他三级控藏要素还有生—储—盖组合关系、油气输导体系、储盖层条件等<sup>[2]</sup>,这里不一一详述。

## 2 控藏模式建立

### 2.1 控藏模式的建立原则

前人已就中国南方不同区块提出了诸多不同的油气成藏模式<sup>[5,19~23]</sup>,但不同区块的成藏模式很难具有可比性,更缺乏南方统一的成藏模式。中国南方不仅仅是一个地理单位而应该是一个有机的油气地质单元。与成藏模式不同,基于各级控藏要素建立的控藏模式,能够在充分体现各区块间绝对差异性的同时,有效解决南方巨型含油气单元的相对统一性。具体而言,建立中国南方全区性控藏模式时,需要从一级控藏要素开始考虑,一般考虑到第二级即可。研究的范围越小,需要的控藏要素级

次越低。建立局部地区控藏模式时,可以只重点考虑三、四级控藏要素,因为高级次控藏要素可视为共性。控藏模式的名称,采用从最高级到低级控藏要素来命名。

### 2.2 二级控藏模式及其评价

基于中国南方天然气的前二级控藏要素(即成藏流体源、成藏与改造期次),理论上可以总结出 10 种控藏模式,其中 4 种已发现典型实例,其它类型尚未发现。为便于实际应用,可根据典型实例将已发现的 4 种模式分别称为四川型、沔 31 井型、朱家墩型和黄桥 CO<sub>2</sub> 气田型等模式(表 2)。

四川型模式的气源以原油裂解气为主,烃源岩继续生烃的原生气次之,并存在水溶气源<sup>[24~28]</sup>。四川型模式的气藏由早期气(油)藏改造而来,天然气经历多期充注但以晚期为主<sup>[29]</sup>。威远震旦系气田、五百梯石炭系气田、建南石炭系—三叠系气田都属于此型。四川型是南方迄今已发现的气田中最普遍模式,也应该是继续扩大勘探成果的目标模式。

由于原油裂解气是四川盆地、鄂西渝东混源气的最主要组成,其单独次生成藏的可能性非常大。因此,原油裂解气次生聚集控藏模式(可称为“类四川型”)也应作为重要的勘探目标。

以深部无机 CO<sub>2</sub> 为主要气源的黄桥气田的形成与保存,断裂起到重要作用。次生改造不大,故作为无机原生成藏。但推测无机次生成藏应当有希望发现。

中下扬子部分地区存在二次生烃的条件,朱家墩型是二次生烃原生聚集的代表。二次生烃次生聚集成藏的可能性也较大。

原生烃成藏是简单含油气盆地的主要形式。但在中国南方原生烃成藏多被改造,尚未发现规模

表 2 中国南方海相油气基于二级要素的控藏模式

Table 2 Marine petroleum pool-controlling models based on the first two grades of factors in South China

控藏要素		控藏模式	典型实例	评价
一级: 成藏流体源	二级: 成藏期次			
源岩热解烃	原生聚集	原生烃原生聚集控藏模式	沔 31 井型	其它盆地比较常见
	次生聚集	原生烃原生聚集控藏模式	—	
二次生烃	原生聚集	二次生烃原生聚集控藏模式	朱家墩型	有希望发现
	次生聚集	二次生烃原生聚集控藏模式	—	
水溶气	原生聚集	水溶气原生聚集控藏模式	—	
	次生聚集	水溶气原生聚集控藏模式	—	
无机气	原生聚集	无机成因气原生聚集控藏模式	黄桥 CO <sub>2</sub> 气田型	有希望发现
	次生聚集	无机成因气原生聚集控藏模式	—	
原油裂解气	原生聚集	原油裂解气次生聚集控藏模式	—	“类四川型”,亦为勘探目标
	次生聚集			
混源气	原生聚集	混源多期次生聚集控藏模式	四川型	主要勘探目标
	多期次生聚集			

很大的残存原生烃油气藏。沔 31 井油藏可作为原生烃原生聚集的代表。

### 2.3 典型油气藏(田)三级控藏模式

考虑到油气藏分布位置及油气藏类型的代表性,这里选取了威远气田、五百梯气田、建南气田、朱家墩气田、黄桥 CO<sub>2</sub> 气田、沔 31 井油藏、贵州麻江古油藏以及浙江余杭泰山古油藏等 8 个典型油气藏作为分析对象。考虑到圈闭类型属于比较有代表性的三级控藏要素<sup>[2]</sup>,它与运移输导体系、油气保存条件均具有一定的关系,因此将圈闭类型作为建立控藏模式的参数之一。

威远震旦系气藏、五百梯石炭系气藏和建南气田:均以早期形成的油藏中原油裂解气为主,混有烃源岩进一步热演化生成的气,同时还不能排除一定的水溶气。早期形成油藏,在后期特定的构造演化控制下,油藏裂解气聚集成气藏。三者圈闭类型有所区别:威远气田主要为构造圈闭,五百梯气田主要为构造—地层与岩性(礁)圈闭,建南气田则主要为构造、岩性圈闭。

朱家墩气田:由烃源岩二次生烃提供特殊的“原生气”(即二次生气),其它气源的混入比例不大。受构造运动影响,起运移通道作用的断层形成较晚。断层作为运移通道,断块及背斜均参与构成圈闭。

黄桥 CO<sub>2</sub> 气田:由无机成因 CO<sub>2</sub> 构成主要气源,但其中烃类气体由烃源岩生成。受气源断层的控制,有人认为多期成藏。断层作为垂向运移、不整合面作为侧向运移的通道,并构成构造、地层圈闭。

沔 31 井油藏:由烃源岩提供油源,属于原生油,尽管可能有下二叠、上三叠—下侏罗统烃源岩

生成油的混合;相对早期形成油藏;断层作为运移通道、断块参与构成圈闭。

麻江古油藏:寒武系烃源岩原生源。加里东末都匀运动、广西运动形成大型圈闭及油藏;海西运动使其破坏,形成储层沥青;古油藏破坏后,还经历了复杂、漫长的演化。

泰山古油藏:震旦—寒武系烃源岩原生源。油藏破坏后,形成储层沥青;奥陶纪晚期至志留纪形成原生油藏;至印支期因埋深大裂解成气、缩合成沥青;燕山期以后构造运动造成破坏,形成古油藏。

基于前三级控藏要素,建立了南方 8 个典型油气藏的三级控藏模式(表 3)。

### 2.4 南方控藏模式图及控藏模式分布特征

根据 8 个典型油气藏的三级控藏要素,并结合典型油藏剖面、运移通道特征等,编绘了其控藏模式概念图。控藏模式概念图在平面上的展布,能够反映中国南方控藏模式的分布规律(图 2)。图 2 表明,相邻或相关的构造背景下发育的控藏模式具有一定相似性和可比性;不同区块的差异性主要由一、二级要素控制。

威远气田、五百梯气田和建南气田三者具有相似之处,均为以原油裂解气为主的混合气源;均经历了油藏—油气藏—气藏的转化过程,为典型的次生成藏;气藏最后定型均较晚。因此三者都隶属于二级模式的“四川型”。“四川型”与“类四川型”主要分布在四川盆地、鄂西渝东地区。

朱家墩气田的关键是二次生烃。下扬子、中扬子区在白垩系一下第三系较发育地区具备二次生烃条件,能够发育这种成藏模式。在二次生烃充足的情况下,也可次生成藏。朱家墩型主要分布在

表 3 中国南方典型油气藏的二级、三级控藏模式

Table 3 Pool-controlling models for typical pools based on two, three grades of factors in South China

典型油气藏	所在构造区划	所属二级控藏模式	三级控藏模式
威远震旦系气藏	上扬子区川中隆起带	四川型	混源气晚期次生背斜气藏模式
五百梯石炭系气藏	上扬子区川东褶皱带	四川型	混源气晚期次生复合圈闭气藏模式
建南气田	上扬子区渝东断褶带	四川型	混源气晚期次生背斜+岩性气藏模式
沔 31 井油藏	中扬子区江汉南部断块	沔 31 井型	原生源原生聚集断鼻构造油藏模式
朱家墩气田	下扬子区盐城凹陷	朱家墩型	二次生烃原生聚集断块气藏模式
黄桥 CO <sub>2</sub> 气田	下扬子区苏北盆地	黄桥 CO <sub>2</sub> 气田型	无机气源原生聚集断块气藏模式
麻江古油藏	江南隆起区南段周缘	沔 31 井型	原生源原生聚集背斜油藏模式(后期破坏成古油藏)
泰山古油藏	江南隆起区东段周缘	沔 31 井型	原生源原生聚集构造—岩性油藏模式(后期破坏成古油藏)

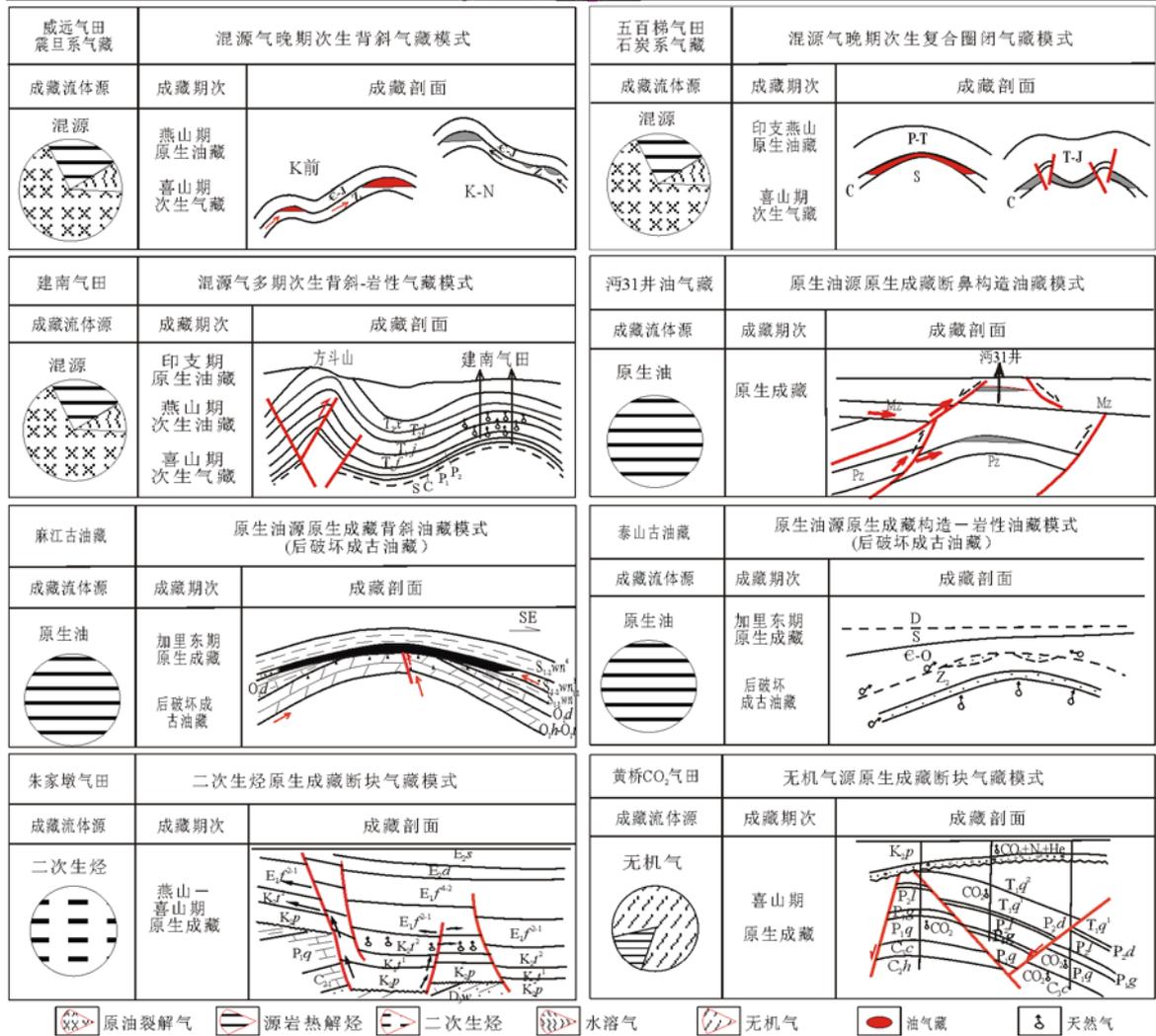
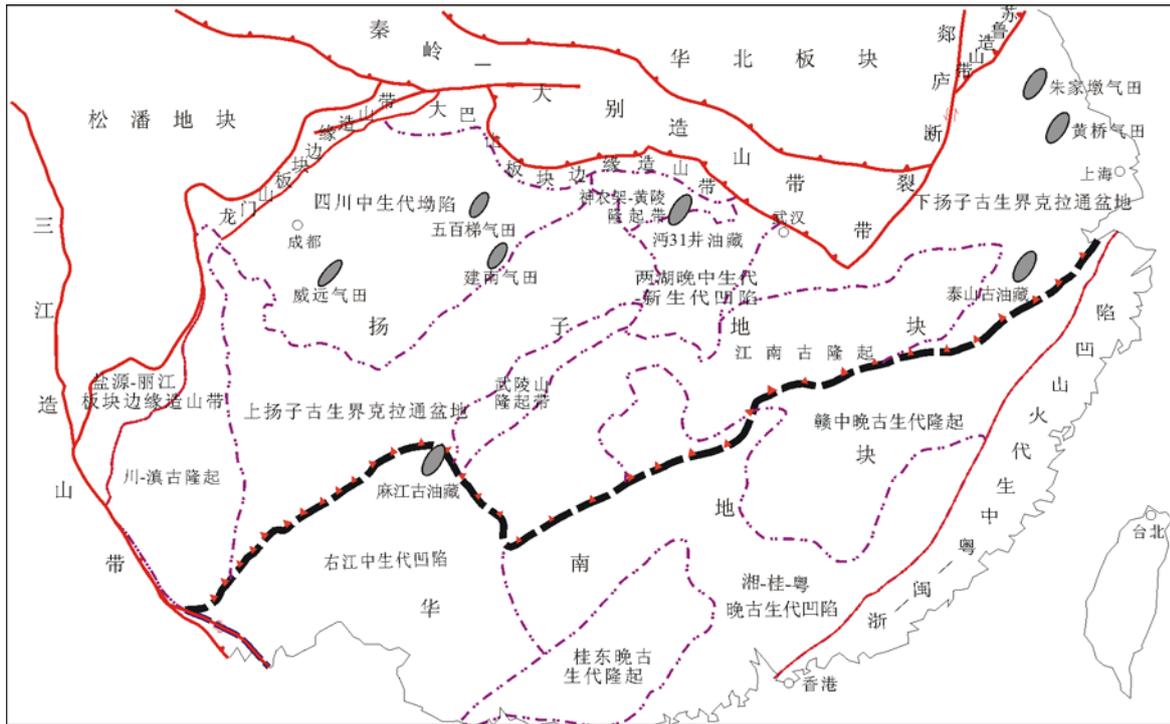


图 2 中国南方陆上气(油)藏控藏模式展布

Fig. 2 Distribution of pool-controlling models for typical gas and oil pools in South China

下、中扬子区白垩系一下第三系覆盖地区。

沔 31 井油藏、麻江古油藏和泰山古油藏最初都是原生烃原生聚集。三者的区别是:沔 31 井油藏形成较晚(早燕山期)、保存相对较好;而麻江古油藏、泰山古油藏等则形成较早(加里东期),形成后遭受到长期的、严重的破坏而成为古油藏。这类原生烃原生聚集现象在南方地史时期非常普遍,其分布大体以江南古隆起周缘占优势。

“黄桥型”无机气藏的形成具有一定的特殊性,考虑到其深源、断裂垂向运移条件,在张性构造背景下的下扬子区更有利于其形成和分布。

### 3 结论及讨论

1)控藏要素更强调油气改造与保存作用,因而特别适用于经历了多期构造变动的中国南方海相油气地质。

2)中国南方的海相油气由分级多因素控制。一级控藏要素为多种成藏流体源,二级为多期成藏与多期改造作用,三级为多重保存条件和各种圈闭类型等。

3)基于成藏流体源、成藏及改造期等两级控藏要素,建立了南方 10 种控藏模式。根据典型勘探实例,将混源多期次生聚集控藏模式称为四川型,二次生烃原生聚集控藏模式称为朱家墩型,无机气原生聚集称为黄桥型,原生烃原生聚集称为沔 31 井型。

4)8 个典型油气藏三级控藏模式的展布表明,四川型主要分布于上扬子,朱家墩型主要在中下扬子,黄桥型的分布与张性构造有关,沔 31 井型以江南隆起周缘为主。

5)分级多因素控藏原理及控藏模式的提出,既体现南方巨型含气单元的相对统一性,又体现各区块间的绝对差异性。

#### 参考文献:

- 1 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):19~25
- 2 袁彩萍,徐思煌,梅康夫等. 中国南方海相地层油气成藏要素的层次性分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(2):137~141
- 3 戴少武. 中国南方油气晚期成藏勘探实践及讨论[J]. 天然气工业,2004,24(1):7~9
- 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
- 5 邱蕴玉,徐 谦,黄华梁. 威远气田成藏模式初探[J]. 天然气工业,1994,14(1):9~13

- 6 武晓春,庞雄奇,于兴河等. 水溶气资源富集的主控因素及其评价方法探讨[J]. 天然气地球科学,2003,14(5):416~421
- 7 李贤庆,侯读杰,胡国艺等. 鄂尔多斯中部气田下古生界水溶气成因[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):212~217
- 8 刘云生,廖宗廷,周征宇等. 油气无机成因探析与我国油气勘探新方向展望[J]. 江汉石油学院学报,2004,26(3):16~20
- 9 戴金星,戴春森,宋 岩等. 中国东部无机成因的二氧化碳及其特征[J]. 中国海上油气(地质),1994,8(4):215~222
- 10 郭念发,尤孝忠,雷一心等. 黄桥 CO<sub>2</sub> 气田特征及其勘探远景[J]. 天然气工业,2000,20(4):14~18
- 11 赵宗举,朱 琰,李大成等. 中国南方中、古生界古今油气藏形成演化控制因素及勘探方向[J]. 天然气工业,2002,22(5):1~6
- 12 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):11~18
- 13 王国力,蔡立国,汪 集等. 楚雄盆地构造—热演化与古地温场研究[J]. 石油实验地质,2005,27(1):28~31
- 14 赵孟军,张水昌,赵 陵等. 南盘江盆地主要烃源岩热演化史及油气生成史[J]. 石油实验地质,2006,28(3):271~275
- 15 郭彤楼,楼章华,马永生. 南方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,2003,25(1):3~9
- 16 邱蕴玉. 扬子区海相地层油气保存单元的划分与评价[J]. 海相油气地质,1996,1(3):39~44
- 17 梁 兴,叶 舟,马 力等. 中国南方海相含油气保存单元的层次划分与综合评价[J]. 海相油气地质,2004,9(1-2):59~76
- 18 曹国喜,罗小平. 中扬子区海相油气保存条件初析[J]. 石油与天然气地质,1996,17(1):44~47
- 19 严金泉,孙 卫. 鄂西渝东石炭系油气成藏模式及富集规律[J]. 西北大学学报(自然科学版),2001,31(5):415~417
- 20 马安来,包建平,王培荣等. 盐城凹陷天然气成藏模式[J]. 天然气工业,2002,22(5):23~26
- 21 郑绍贵,郭念发,王宏祥. 江苏天然气藏及成藏模式[J]. 天然气工业,2000,20(2):8~11
- 22 马永生,傅 强,郭彤楼等. 川东北地区普光气田长兴—飞仙关气藏成藏模式与成藏过程[J]. 石油实验地质,2005,27(5):455~461
- 23 蔡立国,饶 丹,潘文蕾等. 川东北地区普光气田成藏模式研究[J]. 石油实验地质,2005,27(5):462~467
- 24 王兰生,苟学敏,刘国瑜等. 四川盆地天然气的有机地球化学特征及其成因[J]. 沉积学报,1997,15(2):49~53
- 25 陈文正. 再论四川盆地威远震旦系气藏的气源[J]. 天然气工业,1992,12(6):28~32
- 26 王世谦. 四川盆地侏罗系—震旦系天然气的地球化学特征[J]. 天然气工业,1994,14(6):1~5
- 27 Prinzhofer A A, Huc A Y. Genetic and post-genetic molecular and isotopic fractionations in natural gases[J]. Chemical Geology,1995,126(3-4):281~290
- 28 戴金星. 概论有机烷烃气碳同位素系列倒转的成因问题[J]. 天然气工业,1990,10(6):5~20
- 29 陈盛吉,魏小薇,王丽英. 川东石炭系气藏烃类注入史研究[J]. 天然气勘探与开发,2001,24(2):21~29