

文章编号:0253-9985(2006)01-0011-06

中国南方海相层系油气成藏组合类型与勘探前景

沃玉进^{1,2},肖开华²,周雁²,杨志强²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所,广东广州 510640; 2. 中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:中国南方海相层系以志留系区域滑脱层为界,可分为上、下两个构造层,据不同地区上、下构造层形变特征与强度及其组合特征,可将其地质结构分为单层稳定、双层连续、双层断褶、单层叠瓦、双层冲滑、单层冲断和二元推覆等7种类型。印支以来多期沉降与隆升产生了“早降晚抬”和“早抬晚降”2大类6种形式的埋藏演化史类型。海相地层原始建造、后期构造运动改造与上覆陆相地层的叠加形成了原生型、改造型、再生型和后生型4种类型的成藏组合。其中原生型成藏组合油气保存条件好,勘探前景好。中、下扬子区再生型和后生型成藏组合具有一定的勘探前景。

关键词:地质结构;埋藏演化史;成藏组合;油气勘探;南方海相

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

Types of marine plays in southern China and exploration prospects

Wo Yujin^{1,2}, Xiao Kaihua², Zhou Yan², Yang Zhiqiang²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China;

2. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Being bounded by the Silurian regional detachment, the marine stratigraphic series in southern China can be divided into lower and upper two structural layers. According to the strength and characteristics of deformation of the structural layers, as well as their combination features, the geologic configuration of marine stratigraphic series in southern China can be classified into 7 types, i. e. single layer stable, double layer continuous, double layer fault-folded, single layer imbricated, double layer thrust-slipped, single layer thrust faulted and binary nappe types. Multiphase subsidence and upheaval since Indosinian have led to the formation of 6 kinds of burial evolution history, which can be grouped into two large types, namely “early subsidence – late upheaval” and “early upheaval – late subsidence”. The initial buildup of marine sedimentary formations, later reconstruction by tectonic movements and the superimposition of the overlying non-marine formations have resulted in 4 play types, including primary type, reconstructed type, regenerated type, and epigenotype; of which the primary play type has good oil and gas preservation conditions, and thus has good exploration prospects. The plays of regenerated type and epigenotype in the Middle and Lower Yangtze areas have certain exploration prospects, too.

Key words: geologic architecture; burial evolution history; play; oil and gas exploration; marine sedimentary formations in southern China

成藏组合是国际上流行的“盆地—含油气系统—成藏组合—远景圈闭”这一含油气地质单元评价序列中的一个层次^[1],是油气成藏研究与资源评价中某一层次的研究对象。不同的研究者对油气成藏组合有不完全相同的定义。White D A 将

成藏组合定义为一组在地质上相互联系具有类似源岩、储层和圈闭条件的勘探对象^[2,3]。Croveli R A 认为成藏组合是具有相似地质背景的远景圈闭的集合体^[4]。Allen P 等认为成藏组合是勘探家如何将一系列地质因素(储层、盖层、油气的注入、圈

收稿日期:2005-06-27

第一作者简介:沃玉进(1966—),男,高级工程师,石油地质

基金项目:中国石油化工股份公司科研项目(P03077)

闭以及上述4因素在时间匹配上的有效性)结合起来,在一个盆地特定的地层段内形成油气聚集的模式或概念,并定义为一组未经勘探的具有共同的储层、区域盖层和油气充注系统的远景圈闭和未发现的油气藏^[5]。戴金星、王庭斌等认为油气成藏组合主要研究含油气系统中具有相同成藏条件的某一套储盖组合的油气充注强度与成藏诸地质条件之间的匹配关系^[6]。尽管研究者对成藏组合的定义有所差异,但总体均将成藏组合视为含油气系统的组成部分,是特定地区某一地层段内具有时间和空间匹配性、可形成有效(或潜在)油气聚集的一组生、储、盖、圈的组合。

1 成藏组合形成的基础

中国南方海相领域经历了多旋回构造运动与强烈后期改造,现今的南方海相沉积盆地并不是一种单一、稳定、简单的叠合盆地,而是在不同演化阶段、不同地球动力学背景下形成的由不同类型(原型)盆地并列、叠加、改造所构成的复合盆地。印支以前海相沉积建造阶段所形成的多套原始生储盖组合在经历后期多期次构造运动改造后,除部分地区、部分层系外,大部分地区均已在新的构造环境下和(或)上覆陆相地层的沉积叠加下发生改造与

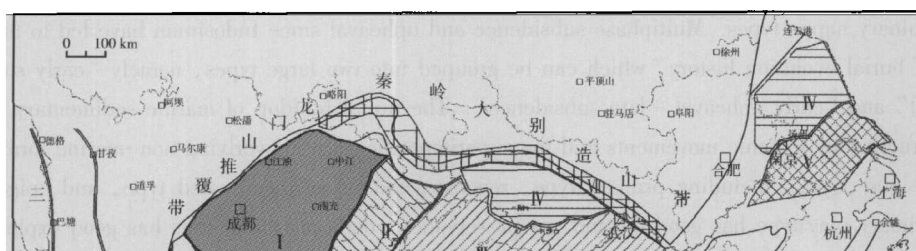
重建,从而在不同的地区形成不同类型的成藏组合。

1.1 海相地层建造

自震旦纪至中三叠世,中国南方发育了累计最大厚度超过10 000 m的海相地层,纵向上形成了多套生储盖组合,原始成油气条件优越,并有过大量的油气生成、运移、聚集与成藏过程^[7]。这些生储盖层的发育及其组合构成了现今成藏组合的物质基础。

1.2 多期构造叠加

南方志留系不仅是区域性烃源岩和封盖层,同时也是区域性滑脱层,在印支以来的历次构造运动(尤其是燕山运动)中起到重要的调节作用,因此,以志留系为界可以将南方海相中、古生界分为上、下两个构造层(同时也形成两套生储盖组合)。南方海相不同地区在不同期次的构造运动中由于所处构造应力背景不同、基底性质不同及沉积地层组合本身的差异,从而表现出不同的地质结构特征。依据地质大剖面解释成果,结合区域地质研究,可将中国南方海相发育区划分为7种地质结构类型分区(图1)。不同的地质结构反映了原生气藏的不同的保存条件,也决定了现今成藏组合的存在形式。



1) 单层稳定结构:大致分布于龙门山以东、华蓥山-贵阳-遵义断裂以西、安顺-贵阳断裂以北的四川盆地及黔西北地区。海相地层保存较完整,地层层序正常,横向连续性好,以整合或平行不整合接触,上、下古生界具有相似的形变特征。原始生储盖组合形成后没有遭受大的改造,有利于原生油气藏的形成与保存。

2) 双层连续结构:大致分布于华蓥山以东、齐岳山以西的四川盆地东部地区,以隔档式褶皱为特征。总体上,海相地层保存较完整,地层层序正常,横向连续性较好,以整合或平行不整合接触。由于志留系滑脱层的调节作用,上古生界形变强度要高于下古生界,表现为“双层”的特点。原始生储盖组合形成后除部分高陡地区发生冲断、剥蚀而在小范围内有所破坏外,没有遭受大的改造,有利于原生油气藏的形成与保存。

3) 双层冲褶结构:主要分布于齐岳山-贵阳-遵义断裂以东、贵阳-镇远断裂以北、江南-雪峰隆起西北缘凤凰-古丈-监利-蒲圻-咸宁-阳新断裂以西北、天门河-潜北-纪山寺断裂以南的地区。以天阳坪断裂为界分为东、西两区。西区由一系列北东-北东东-东西向复背斜和复向斜组成,具隔槽式褶皱构造特征,隆升幅度相对较高、剥蚀程度高,原始生储盖组合形成后因冲断、

剥蚀、大气水下渗等而遭受较强烈的破坏,不利于原生油气藏的形成与保存。东区(即江陵-潜江-沔阳逆冲干涉带)由于受晚燕山-喜山期构造运动的改造和南北“对冲”干涉的影响,构造带走向不明显,上、下古生界构造层均为发育冲褶构造样式的挤压-伸展形变层,原始生储盖组合形成后因冲断、剥蚀的影响而遭受破坏,但具备后期重建封闭系统和“二次生烃”的条件。

4) 单层叠瓦结构:主要分布于黄陵背斜以东、襄樊-广济断裂-郧庐断裂-桐城-响水口断裂以南、中扬子通城河断裂-潜北断裂-天门河断裂以北、下扬子铜陵-南京-东台一线以北地区。震旦系以上的沉积盖层被多条逆冲断层推覆改造,形成叠瓦状推覆构造。由于强烈的逆冲推覆作用的改造,原始生储盖组合已基本被彻底改造,原生油气藏难以保存。

5) 双层冲滑结构:主要分布于下扬子区铜陵-南京-东台一线以南地区。志留系以上的地层具有较为复杂的逆冲推覆特点,形成被断层复杂化了的紧闭、倒转褶皱;志留系以下地层因挤压而形成宽缓褶皱,地层层序正常,形成特征明显的双层结构。上形变层由于强烈的滑脱型逆冲推覆作用的改造,原始生储盖组合已基本被彻底改造,原生油气藏难以保存;下形变层由于未卷入逆冲

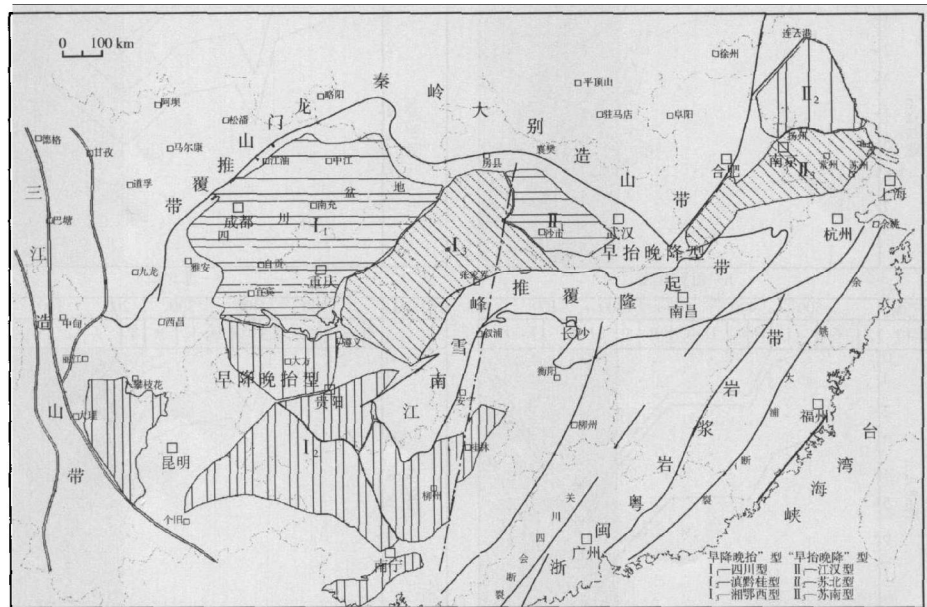


图2 中国南方海相埋藏演化史类型分区图

Fig. 2 Sketch map showing areal distribution of various burial evolution history types of marine formations in southern China

推覆,原生气藏可能仍具有一定的保存条件,但后期拉张正断层已深切到下古地层,改变了下形变层的油气保存条件。

6) 单层冲断结构:大致分布于三江断裂带以东、安顺-贵阳-镇远断裂以南的黔南、滇桂地区。其特点是变质结晶基底之上只有一个构造形变层,构造样式属挤压冲断块样式。震旦系、古生界-中生界整体变形。冲断作用及剥蚀作用较强烈,断层发育,原生气藏保存条件差。

7) 二元推覆结构:分布于大巴山-米苍山地区-巴洪冲断带以北的秦岭南缘、江南-雪峰隆起西北缘等地区,存在推覆体下盘构造和上盘构造二元结构。其中推覆体下盘原地体构造改造

作用相对较弱,地层层序正常,原生气藏可能具有一定的保存条件,目前研究程度和认识程度相对较低。

1.3 多期沉降与隆升

依据印支以来海相中、古生界地层的沉降-埋藏演化特征,可以将南方海相层系的埋藏演化史归纳为2类6种形式,即“早降晚抬”型和“早抬晚降”型两大类。平面分布特点,两大类型的分布基本以黄陵隆起至雪峰隆起一线为界,以西为“早降晚抬”型,以东为“早抬晚降”型(图2)。埋藏演化史类型决定了现今成藏组合烃源的供给时期。

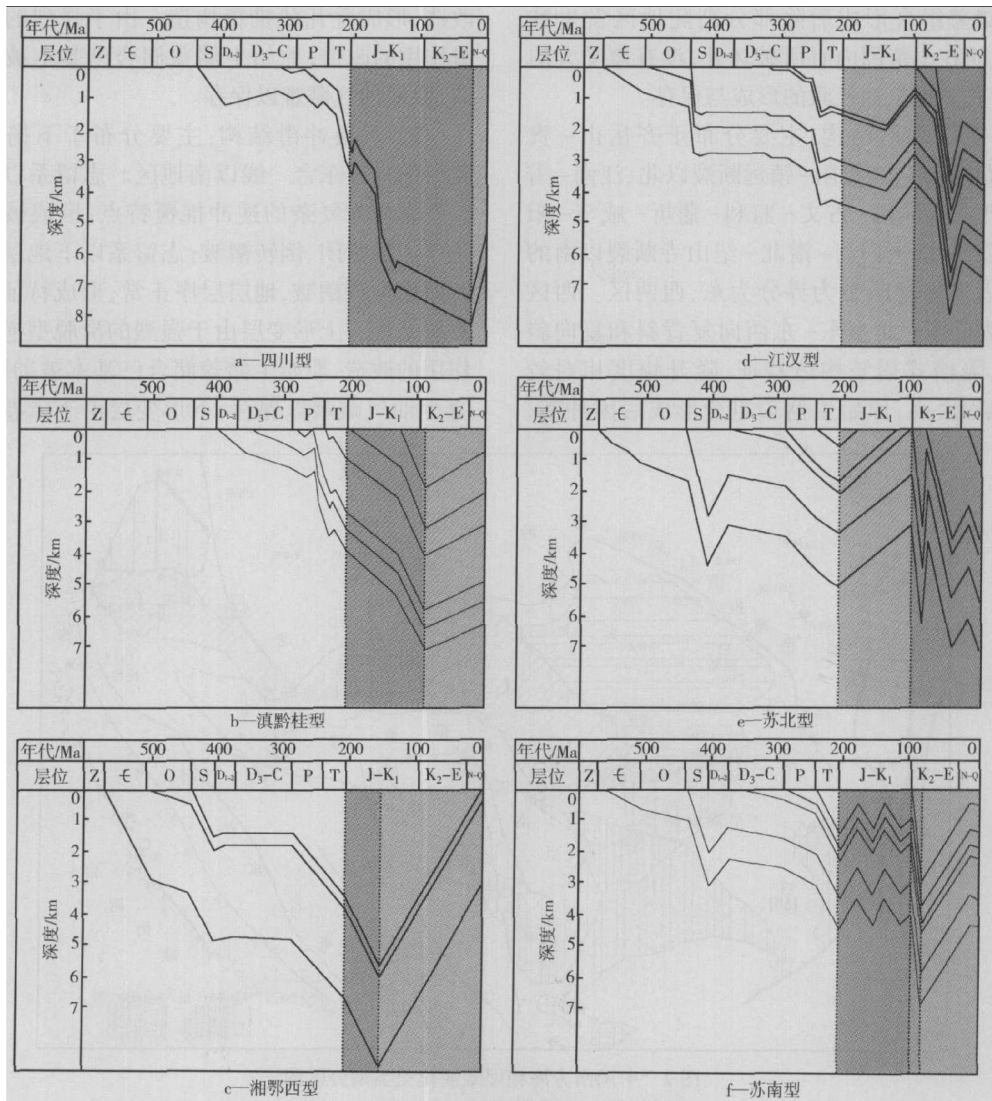


图3 中国南方海相埋藏演化史类型

Fig. 3 Types of burial evolution history of marine formations in southern China

“早降晚抬”型又可分为四川型、滇黔桂型和湘鄂西型,总体具有“早期沉降、晚期抬升”的特点,只有一次(连续)生烃过程,只能以原生型和改造残存型油气藏为勘探对象。其中四川型沉降期远长于抬升期(图3a),湘鄂西型抬升期远长于沉降期(图3c),而滇黔桂型则介于两者之间(图3b)。“早抬晚降”型又可分为江汉型、苏北型和苏南型。其中江汉型表现为早燕山期小幅沉降、中燕山期抬升、晚燕山至喜山期以大幅沉降为特征(图3d);苏北型表现为早中燕山期以抬升为主,晚燕山至喜山期以沉降为主(图3e);苏南型(主要分布于沿江及苏南地区)表现为早中燕山期以振荡抬升为特征,晚燕山期以大幅沉降为主,喜山期则以抬升作用为主(图3f)。总体看,“早抬晚降”型埋藏演化史具有燕山期抬升一次生烃中止,晚燕山—喜山期再次深埋,且烃源岩的埋深超过前期最大埋深而二次生烃的特点,因此可以将再生烃油气藏作为勘探对象。

2 成藏组合类型

原始建造、后期改造与上覆陆相地层的叠加形式控制了成藏组合的类型。依据现今区内地质结构特征—生储盖层关系、埋藏演化史—烃源岩生烃史、上覆陆相地层叠加特点以及上述要素在形成时间、分布空间上的匹配特征,将南方海

相油气勘探领域油气成藏组合划分为4种类型,不同类型的成藏组合具有不同的油气地质条件。

1) 原生型成藏组合:生、储、盖层均为海相层系,生储盖组合形成后未遭受过大的改造与变动,油气保存条件较好,以“原生型”油气藏发育为特征,具有良好的油气勘探前景。分布于四川盆地、黔西北地区及山前推覆带下盘(图4a)。

2) 改造型成藏组合:生、储、盖层均为海相层系,生储盖组合形成后受构造运动的影响,遭受过大的改造与变动,保存条件较差,只能发育小型“次生型”或“残存型”油气藏,油气勘探前景较差。分布于除四川盆地以外的南方各区(图4b)。

3) 再生型成藏组合:生、储层为海相层系,盖层为上覆陆相地层。海相原始生储盖组合受后期构造运动的影响而被改造破坏,中新世陆相地层叠加覆盖后重建了封闭保存系统,形成了新的生储盖组合,由海相烃源岩“二次生烃”提供烃源,形成再生型油气藏,具有一定的勘探前景。分布于中、下扬子区陆相中生界盖层发育区(图4c)。

4) 后生型成藏组合:海相层系烃源岩“二次生烃”,油气沿适时活动的新生代断陷湖盆边界断裂向上运移,至上覆陆相储盖组合中成藏而形成的成藏组合,油气成藏期晚,经历的构造运动改造期次少,保存条件较好,已发现苏北朱家墩小型气田。主要分布于中、下扬子区陆相断陷盆地区(图4d)。

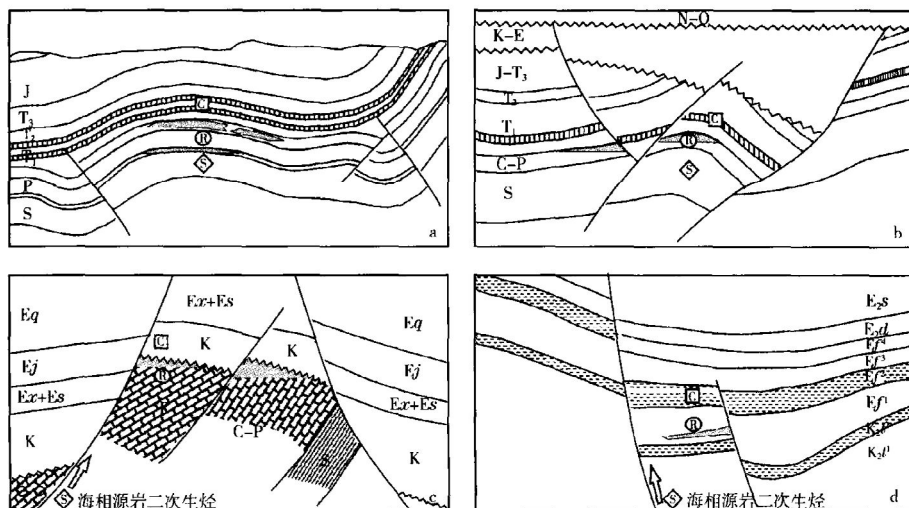


图4 南方海相油气勘探领域成藏组合类型模式图

Fig. 4 Mode chart showing the types of the marine plays in southern China

a—原生型成藏组合;b—改造型成藏组合;c—再生型成藏组合;d—后生型成藏组合

3 勘探前景

四川盆地海相层系虽经后期改造,但总体面貌未受明显破坏^[8],保持相对稳定,以发育原生型成藏组合为特征,海相层系呈单层稳定结构或双层连续结构,具有“沉降期长、隆升期短、多层源岩持续生烃、晚期定型成藏”的特点。黔西北地区发育下寒武统区域性盖层和原生型成藏组合,呈单层稳定结构,历次构造运动均以整体升降为主,内部所受构造应力相对较弱,褶皱平缓,有利于原生型成藏组合的油气保存,具良好勘探前景。

中、下扬子地区先天成油气条件优越,但后期改造强烈,其中燕山期构造形变使该区遭受了强烈的冲断、褶皱改造及抬升剥蚀^[9],原始生储盖组合被强烈改造,基本不存在原生型成藏组合。但区内发育多套海相源岩,埋藏演化史特征反映海相源岩具二次生烃条件,在连片分布的中新生界陆相盖层重建晚期整体封存条件后,海相源岩二次生烃所供烃源可在海相层系内或上覆陆相层系内聚集成藏,具有“二次生烃、晚期成藏”的特点,是再生型和后生型成藏组合的有利勘探地区。

湘鄂西地区为双层冲褶结构,黔南滇桂地区为单层冲断结构,均具有抬升剥蚀改造持续时间长,隆升幅度大^[10],大气淡水下渗深度大,油气保存条件差的特点。“早降晚抬”型埋藏演化史类型反映其无二次生烃条件,抬升后无后续烃类补给,仅发育改造型成藏组合,油气勘探前景较差。

大巴-米苍山前陆褶皱冲断带及雪峰-江南隆起西-北缘逆冲推覆带下盘原地体可能发育原生型成藏组合,是一个值得重视的油气勘探新领域。

中国南方海相地层建造期形成了多套原始生储盖组合,多期构造运动改造和叠加形成了7种地质结构、2大类6种形式的埋藏演化史类型。原始建造、后期改造与上覆陆相地层的叠加造就了4种类型的成藏组合。原生型成藏组合油气保存条件好,具有好的勘探前景,主要分布于四川盆地、黔西北地区及山前推覆带下盘;改造型成藏组合油气保存条件差,勘探前景较差,分布于除四川

盆地以外的南方各区;再生型和后生型成藏组合的形成与晚期重建整体封闭条件有关,由海相源岩二次生烃提供烃源,具有一定的勘探前景,主要分布于中、下扬子陆相中新生界覆盖区。

参考文献

- 1 赵文智,何登发.石油地质综合研究导论[M].北京:石油工业出版社,1999
Zhao Wenzhi, He Dengfa. Petroleum geology synthetical research introduction[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999
- 2 White D A. Oil and gas play maps in exploration and assessment[J]. AAPG Bull, 1988, 72(7): 940-949
- 3 White D A. Assessing oil and gas plays in facies-cycle: wedges[J]. AAPG Bull, 1980, 64(8): 1158-1178
- 4 Crovelli R A, Balay R H. FASP an analytic resource appraisal program for petroleum play analysis[J]. Computers & Geoscience, 1986, 12(4B): 423-475
- 5 Allen A P, Allen J R. Basin analysis, principles and applications[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1990
- 6 戴金星,王庭斌,宋岩,等.中国大中型天然气田形成条件与分布规律[M].北京:地质出版社,1997
Dai Jinxing, Wang Tingbin, Song Yan, et al. Formation, distribution of medium- and large-sized gas fields in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997
- 7 高瑞琪,赵政璋.中国油气新区勘探(第五卷)[M].北京:石油工业出版社,2001
Gao Ruiqi, Zhao Zhengzhang. The frontier petroleum exploration in China (V5)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001
- 8 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 Meso-Paleozoic hydrocarbon exploration in South China[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(3): 195-202
- 9 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
Zhao Zongju, Zhu Yan, Li Dacheng, et al. Control effect of tectonic deformation to oil-gas pools in South China[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(1): 19-25
- 10 徐言岗,贺自爱,王津义.湘鄂西地区油气前景探析[J].石油与天然气地质,2003,24(4): 356-361
Xu Yangang, He Zi'ai, Wang Jinyi. A recognition of hydrocarbon potential in western Hunan and Hubei area[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 356-361

(编辑 高岩)