

文章编号: 1001-6112(2007)04-0361-06

# 中扬子区海相天然气勘探层系及突破方向

张士万<sup>1,2</sup>, 杨振武<sup>2</sup>, 梁西文<sup>2</sup>, 陈学辉<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 中国石油化工股份有限公司  
江汉油田分公司 勘探开发研究院, 湖北 潜江 433124)

**摘要:** 中扬子海相地层在地质发展史中经历了加里东期、海西—早印支期、晚印支—早燕山期以及晚燕山—喜山期 4 次大的旋回, 大体形成了浅海、前陆拗陷、陆相断陷 3 大类型的盆地。多期盆地沉积充填、叠加改造, 奠定了油气成藏聚集的物质基础。受不同时期海平面升降变化的影响, 在沉积古地理环境和表生溶蚀作用控制下, 形成了上震旦统灯影组、下寒武统石龙洞组、中石炭统黄龙组及中二叠统茅口组等古岩溶型储层。中扬子区晚二叠、早三叠世沉积期具备台地边缘礁、滩的沉积背景, 同时区内还发育台内礁、滩。此外, 志留纪前陆盆地发展阶段广泛发育的砂岩储层, 应成为南方古生界勘探的重要领域。这些不同的油气聚集空间, 显示区内勘探领域广阔。开展储层沉积相和高精度地震预测攻关研究, 弄清不同储层发育的地球物理响应及其分布规律是勘探突破的关键。勘探对策应该立足于寻找大型天然气藏, 坚持上、中、下组合并举和多领域勘探兼顾, 优选有利勘探区块, 实施重点突破。

**关键词:** 生物礁; 古岩溶; 志留系砂岩; 勘探方向; 中扬子海相地层

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

## EXPLORATION STRATA AND BREAKTHROUGH ORIENTATION OF MARINE FACIES NATURAL GAS IN THE MIDDLE YANGTZE REGION

Zhang Shiwan<sup>1,2</sup>, Yang Zhenwu<sup>2</sup>, Liang Xiwen<sup>2</sup>, Chen Xuehui<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China; 2. Institute of Petroleum  
Exploration and Production, Jiangnan Oil Field, SINOPEC, Qianjiang, Hubei 433124, China; )

**Abstract:** Marine facies strata in the middle Yangtze region have experienced 4 big cycles including Caledonian, Hercynian—early Indosinian, late Indosinian—early Yanshanian, and late Yanshanian—Himalayan during geological evolutions, giving birth to 3 types of basin: shallow-sea facies, foreland depression and rift-subsidence. Sedimentary packing and deformation of stages of basin have formed foundation for petroleum accumulation. Influenced by eustacy, controlled by sedimentary palaeogeologic environment and surface corrosion, different types of reserve such as Dengying Formation of Upper Sinian, Shilongdong Formation of Lower Cambrian, Huanglong Formation of Middle Carboniferous and Maokou Formation of Middle Permian are formed. The middle Yangtze region is set in platform edge reef bank background during late Permian and early Triassic, generating reef and bank in platform. On the other hand, sandstone reserves generated widely during Silurian foreland basin evolution should be the focus for Paleozoic exploration in South China. Different types of reserve prove large fields for exploration in the region. Study of reserve sedimentary facies, precise seismic prediction, as well as geophysical respond and distribution rules of different types of reserve is the key for exploration breakthrough. Large gas fields should be paid attention to. The upper, middle, lower strata and multifields should be taken into consideration. Breakthrough can be made in favorable areas.

**Key words:** organic reef; palaeokarst; Silurian sandstone; exploration target; marine strata in the middle Yangtze region

收稿日期: 2007-06-08; 修订日期: 2007-07-03。

作者简介: 张士万(1964—), 男(汉族), 湖北江陵人, 高级工程师, 主要从事海、陆相油气勘探研究。

目前我国海相勘探的主要领域有前陆盆地、古隆起与大型隆起周围及生物礁、滩相沉积环境下的构造、地层岩性等古生界海相油气藏。中国沉积盆地经历了多期构造运动和不同类型盆地叠加,石油天然气勘探具有长期性、复杂性和艰巨性的特点<sup>[1~3]</sup>。本文所指中扬子区涉及扬子地台中段及上段的东部地区(图1),属南方前新生代海相典型残留盆地<sup>[4]</sup>。长期以来,针对中扬子克拉通盆地的勘探是一个久攻不下的难题,经历了印支期以来多期造山作用,构造变形强烈,形成了现今恶劣的地表环境和复杂的地下地质结构面貌。自晚元古代统一的变质基底形成、中扬子准克拉通化过程完成之后,中、上扬子区先后经历了加里东期、海西—早印支期、晚印支—早燕山期以及晚燕山—喜山期4次大的构造运动旋回。大体形成了晚震旦世—中三叠世浅海盆地、晚三叠世—侏罗纪前陆拗陷盆地、白垩纪—古近纪内陆断陷盆地,空间上叠置形成海盆、煤盆和盐盆,形成了海相多领域、多层系的油气成藏体系,以礁滩相灰岩—白云化或白云岩—古岩溶为最有利储层<sup>[5]</sup>,显示了巨大的勘探潜力。中扬子地区广泛分布海相碳酸盐岩,勘探前景较好<sup>[6,7]</sup>,应作为今后南方海相勘探的重要接替战场。勘探突破方向应立足于寻找大型天然气藏,坚持上、中、下组合并举和多领域勘探兼顾,优选有利勘探区块,实施重点突破<sup>[8]</sup>。

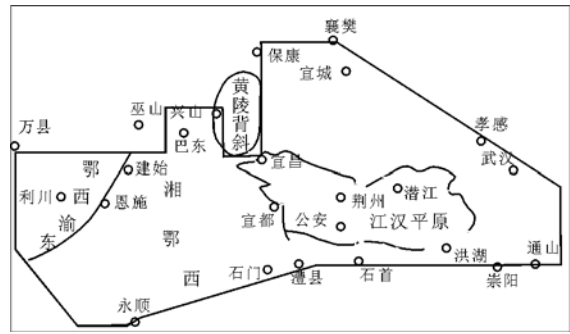


图1 中扬子地区研究位置  
Fig. 1 Research position map of the middle Yangtze region

## 1 多旋回期沉积提供多套勘探层系

### 1.1 晚震旦世—志留纪

晚震旦世早期,中扬子处于南、北部被动大陆边缘盆地及克拉通台内拗陷盆地,灯影期本区沉积环境为局限台地,发育含藻白云岩,有利于储集岩发育(图2)。以裂缝—孔隙型储层为主,孔隙度一般为2%~8%。灯影期发育大量的藻白云岩,特别是晚期,由于桐湾运动的影响,中扬子地块整体抬升,前期生成的藻白云岩遭受不同的地表溶蚀,形成良好的储层。中扬子东北缘神农架地区上震旦统灯影组发育溶孔云岩。

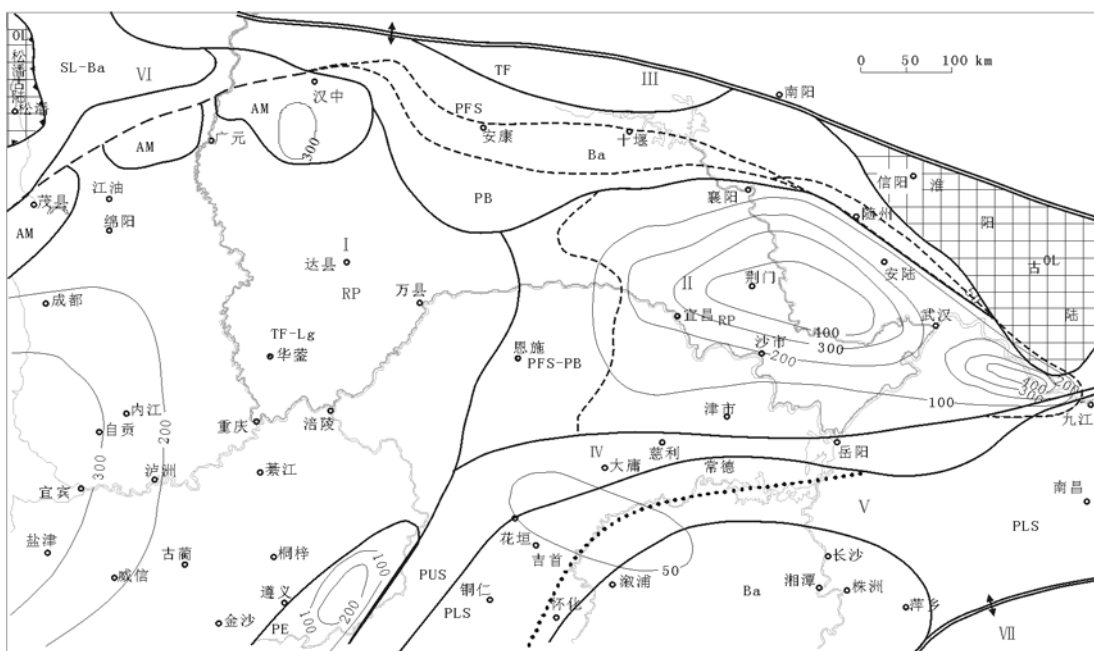


图2 中扬子及邻区晚震旦世灯影期岩相古地理

I. 上扬子克拉通盆地; II. 中扬子克拉通盆地; III. 南秦岭被动大陆边缘盆地; IV. 中上扬子被动大陆边缘盆地; V. 湘黔大陆边缘斜坡盆地; VI. 川西边缘海盆地; VII. 华夏大陆边缘盆地; PB. 台盆; PE. 台地边缘浅滩; AM. 藻丘; SL. 台缘斜坡; TF-Lg. 滨岸—潮坪; RP. 局限台地; PUS. 台缘上斜坡; PFS. 台缘斜坡; PLS. 台缘下斜坡; Ba. 次深海; OL. 孤立台地

Fig. 2 Lithofacies and paleogeography of  $Z_2 dy$  in the middle Yangtze region and its vicinity

早寒武世本区位于北部被动大陆边缘盆地及克拉通台内坳陷盆地沉积。早寒武世晚期开始,区内沉积环境表现为局限海台地,有利于该期储层发育。连续的溶蚀可形成厚度大、物性好的渗透层,不连续的溶蚀则形成薄的渗透层。中、晚寒武世处于克拉通盆地,发育云岩储集层,成为下古生界重要储集层。中扬子东北缘中、上寒武统覃家庙组和三游洞组岩性为厚层一块状云岩。至奥陶—志留纪发展为中扬子前陆盆地阶段,先后沉积了下志留统龙马溪组、小河坝组和中志留统韩家店组砂岩,是志留系自身成藏的储集层。

### 1.2 泥盆纪—中三叠世

加里东运动后,全区隆升成陆,上古生界多套成藏的储集体普遍缺失志留系上统和泥盆系下统。泥盆纪中期开始,中扬子及邻区进入差异沉降阶段。北部在泥盆纪具有裂谷性质,石炭纪则进入被动大陆边缘沉积;中部主体一直处于初始沉降阶段;南部在泥盆纪呈微裂陷,石炭纪则进入坳陷沉降。层序充填上均具有下部以碎屑岩为主、上部以碳酸盐岩为主的特点,代表沉积新阶段的开始。

晚石炭世—早二叠世时期,中扬子为克拉通盆地沉积。受云南运动的影响,石炭系黄龙组以孔隙型储层为主,物性较好。早二叠世晚期,在东吴运动的抬升剥蚀作用下,平原区形成了茅口组古岩溶储层,孔隙类型以溶孔、溶洞、粒间孔为主。二叠纪中期才开始进入稳定热沉降阶段。这一阶段不但均表现为克拉通沉积性质,而且全区均为2套碳酸盐岩夹1套厚度较薄的碎屑岩的层序充填特征,即沉积分区不明显。二叠纪晚期,区内主体为吴家坪组—大隆组潮坪—潟湖相碳质页岩和铝土质页岩以及盆地边缘—开阔海台地相硅质岩、硅质泥岩、灰岩沉积。

早三叠世开始,西部特提斯海底扩张及北部陆块向南仰冲加强,全区为台地相沉积,灰色中层状灰岩、云岩及广海陆棚相薄层状灰岩、泥灰岩。晚期主要为局限海台地和蒸发台地相沉积。至三叠纪中期,由于即将到来的印支运动的影响,沉积特征略有变化。因此,层序充填和盆地演化具有克拉通一元化的性质和结构特点。

### 1.3 晚三叠世—侏罗纪

晚三叠世以后为陆相湖盆沉积阶段,沉积面貌为“两隆三坳”格局。扬子区在北部南秦岭、大巴山、西北部龙门山、雪峰山的前缘形成了东、西2个前陆盆地,以黄陵隆起为界,东部称为江汉前陆盆地,西部称为鄂渝前陆盆地。三叠纪晚期以来,板

块构造活动加强,全区进入强烈的变形变位阶段,原来的海相沉积盆地不但具有复杂的沉积体,而且沉积格架十分复杂,盆地面貌也难以识别。

### 1.4 白垩纪—第三纪

早白垩世以来,盆地进入伸展发展阶段,中、古生界构造发生反转、复合改造。区域上以湖相砂泥质类磨拉石建造为主,夹少量火山岩。晚白垩世本区大规模伸展,形成二次反转的张性断裂,沿断裂上盘下降成箕状断陷盆地;另一方面板内断裂活动加剧,形成大型坳陷盆地。该期沉积了以内陆河湖相红色砂泥岩为主的建造。第三纪,江汉盆地断拗、断陷阶段,与下伏地层呈平行不整合,以红色泥岩、砂岩与膏盐沉积为主。第四纪以来,整个中国东部新大陆处于整体缓慢隆升中,大陆上的盆地则相对下沉。从而使盆地的第四纪沉积仍广泛发育,并超覆在第三系地层之上。

## 2 多类型储集层发育不同油气聚集空间

### 2.1 多套古岩溶型储层

受不同时期全球海平面下降和长期地表溶蚀作用影响,形成了上震旦统灯影组、下寒武统石龙洞组、石炭系黄龙组及中二叠统茅口组等古岩溶型储层,有利于形成大型构造—地层复合圈闭。

#### 2.1.1 上震旦统灯影组

灯影组主体为局限台地,沉积了一套藻白云岩,厚度60~300 m,在台缘上斜坡主要发育鲕粒滩及云岩,分布稳定,为下古生界重要储集层。晚期受桐湾运动的影响,中扬子地块整体抬升,前期形成的藻白云岩遭受不同程度的地表溶蚀,进一步改善了储集性能(图3)。形成了灯影组在台地相

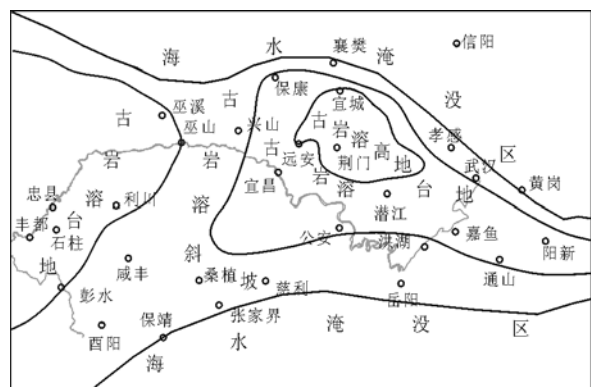


图3 中扬子区灯影组顶部古溶蚀地貌

Fig. 3 Palaeokarst geography of upper Z<sub>2</sub> dy in the middle Yangtze region

区和斜坡相区连片分布的储层。以裂缝—孔隙型储层为主,孔隙度一般为2%~8%,如房县武山剖面灯影组储层厚度445.6 m,孔隙度最大12.2%,平均为5.7%。

### 2.1.2 下寒武统石龙洞组

中扬子主体石龙洞组为局限台地和开阔台地沉积,储层主要为颗粒白云岩和细晶白云岩。受全球海平面缓慢下降的影响,北部遭受溶蚀,相对灯影期的溶蚀,其溶蚀时间短,强度小,溶蚀范围也小,但在溶蚀区仍然能形成连片分布的储层,中、上部孔洞层发育,厚度一般为10~30 m。

### 2.1.3 石炭系黄龙组

黄龙组主体为潮间云坪亚相,除了江汉平原区块发育石炭系储层之外,鄂西渝东区石炭系存在“剥蚀”和“沉积”2种性质的边界形式,具有形成大型石炭系构造—地层复合圈闭的条件,在“沉积”边界西侧石炭系上倾尖灭带能形成较好的岩性遮挡,可形成一批构造—地层复合圈闭。靠近利川高地西侧的新场2井—龙4井—盐1井以东地区为潮上含陆源砂泥坪沉积,残余厚度一般在5~15 m;该线以西至万县—忠县—丰都以东地区为潮间云坪相沉积,残余厚度一般在20~40 m;万县—忠县—丰都以西地区为潮下含泥云坪相沉积,残余厚度一般在30~60 m;靠近南缘的丰都狗子水—池32井以南地区为潮上去云坪相沉积,残余厚度在5~25 m(图4)。沉积时水体能量大,主要为颗粒云岩、溶孔角砾云岩,厚度20~30 m,能形成构造—地层复合圈闭。另一方面,紧邻剥蚀区西侧的洋渡

3—1井、北侧的建28井,黄龙组地层未见陆源物质大量掺入,而是遵循陆源碎屑自东向西逐渐减少的规律,仅含少量陆源物质,而非紧临该圈定区的大量陆源物质充填沉积。洋渡3—1井、建28井黄龙组岩心薄片观察及相分析表明,主要为一套潮间云坪相沉积,砂砾屑及角砾成分为泥—粉晶白云岩。

此外,中上寒武统、奥陶系等也可在不同地区形成有效岩溶型储层。

## 2.2 礁、滩型储层

### 2.2.1 生物礁型储层

礁型储层发育于台地边缘与混积陆棚等沉积部位。与上扬子区普光大气田所处沉积环境类似,中扬子区上二叠统长二段沉积期处于开阔台地相带及台盆过渡带,其间礁、滩既发育有台内礁,也具备台地边缘礁的沉积背景。在开阔台地相内,可分出次一级的台隆、台坪及向局限海过渡带等亚相沉积单元。位于台地内靠海一侧,水体循环好,适宜生物生长。台地中地形相对抬高的隆起带,在台隆上进一步发展形成生物礁(图5)。目前地表发现的生物礁有黄莲峡、利川黄泥塘、石柱冷水溪地、青岭湾、慈利等地表生物礁。本区周围沿黄莲峡—利川见天坝—齐2井分布的台地边缘礁相带,存在优质白云岩储层分布区,目前,在利川见天坝北4~5 km的大水龙,发现礁顶白云岩,厚150 m,储集条件优越。二维地震资料地震相及储层预测研究发现,长兴组生物礁分布在建南北、箭竹溪、张家祠、三星伴月等地,礁体规模大小不等,小到几个平方公里,大至几百平方公里以上,储层有效厚度一般为100 m,其中建南北发现典型生物礁气藏。

### 2.2.2 生物滩型储层

飞仙关组生物滩储层具有较强的非均质性,飞仙关组三段在具有构造背景的前提下,可形成以构造占主导因素的构造—岩性复合气藏;在构造翼部或斜坡,飞仙关组鲕滩储层有望形成大型岩性圈闭。飞仙关组储层除建南以外,在川东地区、罗家寨、普光等构造通过钻探都得到了有效揭示,对此前人已做过大量报道<sup>[9~13]</sup>,这里不再详述。

## 2.3 志留系砂岩储层

中、晚奥陶世—志留纪时期,随着华南海槽关闭以及江南古陆的隆升、挤压,进入前陆盆地演化阶段,沉积了巨厚的碎屑岩沉积。受南部陆源碎屑供应的控制,中扬子区志留系储层发育影响较大。早志留世早期(龙马溪期),渝东石柱—鄂西利川地区发育与江南古陆向北西挤压有关的水下隆起区<sup>[14]</sup>,主要为沙泥质浅水陆棚环境下的沙坝沉积,

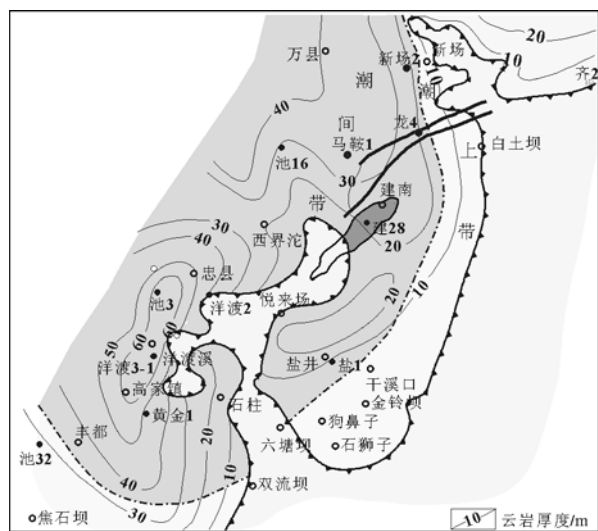


图4 鄂西渝东区石炭系黄龙组沉积相及残余厚度  
Fig. 4 Sedimentary facies and residual thickness of C<sub>2</sub>hl in the western Hubei and eastern Chongqing area

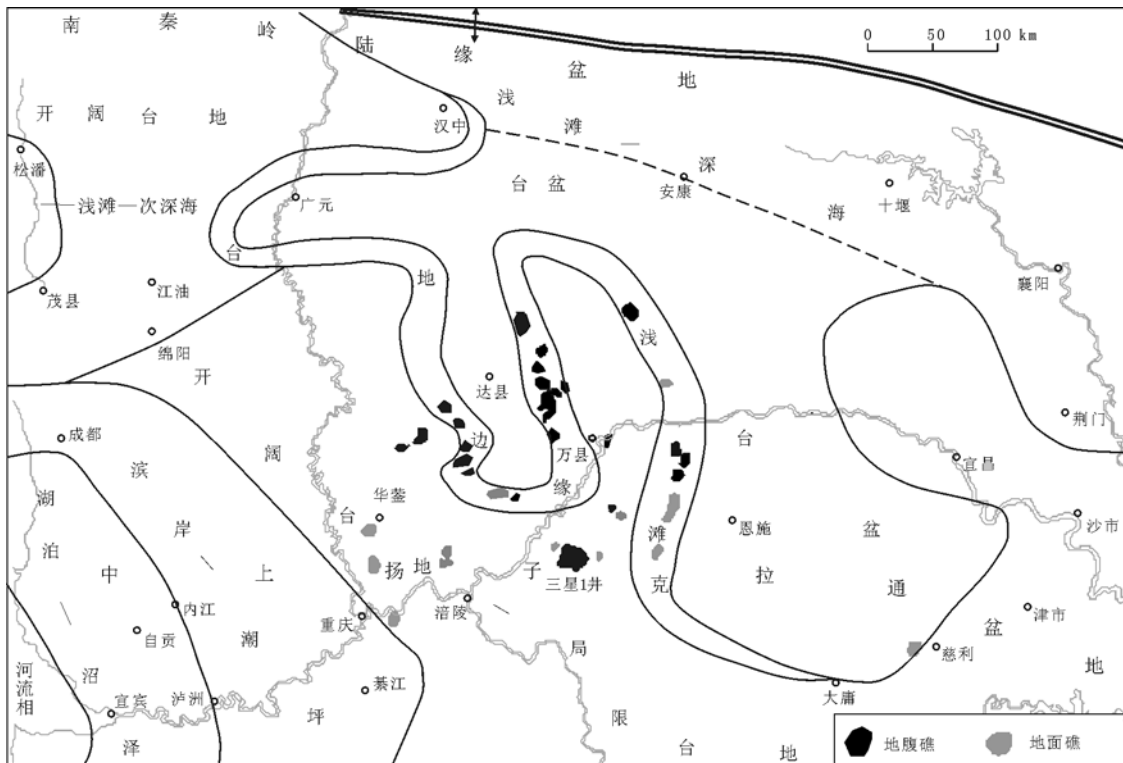


图5 中扬子及邻区长兴岩相古地理及生物礁分布

Fig. 5 Lithofacies paleogeography and reef distribution of P<sub>2</sub>ch in the middle Yangtze region and its vicinity

龙马溪组中部岩性夹中厚—厚层绿灰色泥质长石英砂岩。中扬子区由于离古陆有一定距离,粗粒陆源碎屑物质一般难以到达,分布范围有限,储层不发育。早志留世晚期(小河坝期),受南部陆源碎屑持续向北西方向挤压的影响,前陆盆地范围不断扩大,周缘隆起开始提供大量物源,盆地以高位域充填为特征。渝东石柱—鄂西利川地区为碎屑滨岸沉积环境<sup>[14]</sup>,单层厚度相对较薄。小河坝组以泥质粉砂岩、粉砂岩、微细粒长石英砂岩和石英砂岩为主,构成区域上广泛分布的有利砂质储集层。中晚志留世(韩家店组沉积时期),盆地进入前陆盆地演化晚期,以拗陷充填为特征,区内海域持续变小、变浅,发育浅水陆棚。砂岩储层广泛发育,砂体北多南少,此时开始有北部物源的供给。

鄂西渝东区和平原区连片分布、在湘鄂西地区复向斜内大范围分布,易于形成大型岩性圈闭,区域地层厚度一般在1 000 m以上,志留系勘探前景广阔,应立足于志留系自身勘探。位于鄂西渝东区建南构造上的建深1井,目前志留系地层在重泥浆钻进条件下发现多层气显示,对其上部韩家店组进行中途测试获 $5.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的工业气流。研究发现,区内志留系内部有多个砂岩储层,岩性以粉砂岩为主,夹少量细砂岩,具有低孔、低渗储集条

件,裂缝发育,尤以裂缝系统沟通,可形成自生自储、自成体系的异常高压天然气藏,构成独立的中部储盖组合。这一新的勘探成果,展示着本区志留系有良好的勘探潜力。

### 3 勘探突破方向

在勘探思路,针对中扬子区存在多套目的层,开展储层沉积相和高精度地震预测攻关研究,弄清不同储层发育的地球物理响应及其分布规律。在油气成藏方面,坚持成藏配套史研究,突出构造演化这条主线,把握3个重点——烃源岩、储层、保存有效性进行攻关探索。立足于寻找大型天然气藏,坚持上、中、下组合并举和多领域勘探兼顾,优选有利勘探区块,实施重点突破。

在勘探方向上,展开勘探鄂西渝东区中、上组合(志留系—侏罗系),尽快扩大储量规模。在建深1井志留系取得突破的基础上,弄清中扬子区志留系天然气成藏规律,扩大志留系砂岩目的层勘探,尽快控制储量规模。同时加强鄂西渝东区岩溶型及礁、滩型目的层勘探,查清石炭系沉积和剥蚀边界范围及二叠纪长兴期及早三叠世飞仙关期台地礁、滩的特征及分布规律。发现新的含气区块,实现储量接替。前志留系勘探以建南下古生界为战

