

中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司  
江汉石油科技系列丛书

# 江汉盆地及中扬子海相油气勘探论文集

汪仕忠 康新荣 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书收集了江汉油田科技人员近几年完成的部分优秀论文，共 39 篇。全书围绕江汉盆地及中扬子海相油气勘探，从油气藏成藏条件、地层沉积、区域构造特征、勘探技术应用效果等方面进行了论述，反映了江汉油田油气勘探的最新科研水平，部分论文所涉及的技术成果达到国内或国际较先进水平。

本书可供从事油气勘探的科技人员及石油、地质院校的师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

江汉盆地及中扬子海相油气勘探论文集/汪仕忠等主编.

北京:石油工业出版社,2002.3

(中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司江汉石油科技系列丛书)

ISBN 7 - 5021 - 3685 - 1

- . 江...
- . 汪...
- . 含油气盆地 - 油气勘探 - 江汉平原 - 文集  
海相生油 - 油气勘探 - 江汉平原 - 文集
- . P618.130.2 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 005802 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

\*

889 × 1194 毫米 16 开本 12 印张 307 千字 印 1—1100

2002 年 3 月北京第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7 - 5021 - 3685 - 1 / TE·2705

定价: 24.00 元

## 序

江汉盆地是在白垩纪初期下陷形成的内陆断陷盐湖盆地，总面积 36350km<sup>2</sup>，中、新生代沉积岩厚度逾万米。经过 40 多年的勘探，发现了白垩系、下第三系下始新统新沟嘴组、中始新统荆沙组、上始新统潜江组和上第三系中新统广华寺组 5 套含油气层系，在下第三系潜江组和新沟嘴组已发现 25 个油田。

随着盆地内勘探程度的加深，油气勘探难度逐年增加。油田广大科技工作者坚持以“科学技术是第一生产力”为指导，勇于进取，大胆探索，潜心研究，埋头苦干，在十分复杂的地质条件下，各领域的研究都取得了丰硕的成果。“九五”期间，科技人员应用现代油气勘探理论，采用高精度层序地层学、精细油藏描述、沉积微相分析、三维可视化和油藏数值模拟等技术和方法进一步查清了盐湖盆地石油地质特征和油气分布规律，在复杂小断块油藏、隐蔽油藏和盐间非砂岩油藏勘探方面取得重要进展。

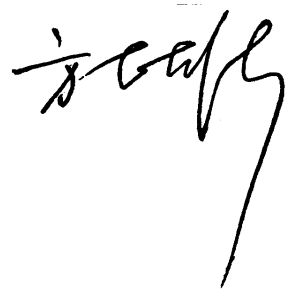
中扬子海相地层具有优越的成油气地质条件和巨大的资源潜力。“九五”期间，通过综合评价研究，明确了油气富集有利区带。经圈闭综合评价，优选出一批钻探目标。建南气田经过再认识和滚动勘探开发，气田储量大幅度增加。

近几年，江汉油田高分辨率地震、三维地震、山地地震和水上地震勘探技术有了长足进步。目前，潜江凹陷内高分辨率二维地震资料在 2s 深度主频达到 70~110Hz，高分辨率三维地震资料在 2s 深度主频也达到 70~100Hz。海相地震勘探集中在地表险恶的山区，地震施工极其艰苦。经过几十年坚持不懈的试验和技术攻关，形成了一套较为成熟的山地地震勘探技术。面对纵横交错的湖泊和河流，探索出一套不同水深和环保要求的科学而经济的水上地震勘探技术，弥补了资料的空白。

人才与创新是企业生存和发展的根本，只有不断提高专业技术人员综合素质和水平，才能不断满足油气勘探对人才素质的高要求；只有不断创新，才能推动油气勘探不断向前发展。此论文集所收录的论文曾以内部资料“江汉石油科技”的形式先后在行业内部交流，反映很好。此次收集成册，将更便于查阅和收藏。论文集的大多数作者是中、青年技术工作者，他们朝气蓬勃，才思敏捷，孜孜不倦，潜心钻研，是江汉油田科技领域的骨干力量。

勘探实践证明，科技进步是油田持续发展的根本保证。过去，江汉油田依靠科技进步取得了油气勘探的一次次成功；未来，我们还将继续依靠科技进步争取更大的成功！

江汉油田分公司经理：



# 前 言

为了进一步贯彻中国石油化工股份有限公司提出的科技发展战略，坚持依靠科技进步推动油田建设，促进科学研究、技术攻关，推广应用新技术、新工艺和新方法，加快科技成果向生产力转化，江汉油田分公司拟陆续从内部资料“江汉石油科技”中选出一部分有学科代表性、有较好的经济效益和应用前景、未公开发表的科研成果论文编辑成“江汉石油科技系列丛书”公开出版，达到技术交流和推广应用的目的。

《江汉盆地及中扬子海相油气勘探论文集》比较集中地反映了“九五”以来江汉油田油气勘探科技发展水平。该书共收录 39 篇论文，涉及油气藏成藏条件评价、地层沉积特征、构造特征及其演化以及地震、测井、地层测试等勘探技术在油气勘探中的应用等多学科研究在近几年所取得的新进展、新发现和新成果。有关高分辨率地震、山地地震、黄土塬地震、盐湖盆地层序地层学研究、隐蔽油藏勘探技术及方法，以及有关油田开发技术研究的论文将另行编辑论文集出版。

本书所有论文还请江荣沛和高仕谦两位教授级高级工程师进行了技术审阅，在此深表感谢！

虽然书中有些观点和认识还有待进一步商榷，更需要在油气勘探实践中不断补充和完善。但我们热忱希望这本书能成为广大油气地质、地球物理工作者有价值的读物。

编者

2001. 12

# 目 次

## 勘 探 评 价

江汉断陷盐湖盆地石油地质特征及其勘探 .....	戴世昭	方志雄	(3)
马王庙地区油藏描述及油气富集规律 .....	郑晓玲	陈长江	王必金 (8)
潜江凹陷北部潜江组三小构造油藏 .....	郑有恒	韩志刚	陈凤玲 邓世新 (14)
江陵凹陷次生油气藏成藏条件及勘探有利地区 .....	夏胜梅	李 争	(21)
江汉盆地新沟嘴组下段主力烃源岩研究 .....	江继刚	李广才	杨 丽 (27)
应用模糊综合评判定量描述有利烃源岩的分布 .....	蒲秀刚		(33)
江汉盆地新沟嘴组下段烃源岩有机显微组分分析 .....	张 霞		(36)
油气初次运移含油饱和度门限研究的一种新方法 .....	宋 阳	旷理雄	吴代昭 (40)
江汉平原海相地层勘探 .....	方志雄		(44)
湖北及邻区海相地层油气勘探方向 .....	王正元	陈绵琨	(49)
湘鄂西下古生界油气成藏组合与可能模式探讨 .....	戴少武		(54)
江汉平原海相地层油气成藏模式预测 .....	严金泉	郑天发	林娟华 (62)
湖北及邻区海相含油气系统的划分及基本特征 .....	陈绵琨	王韶华	刘小玲 程 翠 张 斌 (65)
龙驹坝岩性—构造复合圈闭研究 .....	陈 红	高 林	丁 莉 刘 麟 (69)

## 地 层 沉 积

江汉盆地井下地层命名的演变 .....	汪仕忠		(75)
江陵凹陷下第三系地质剥蚀模型研究 .....	卢明国	吴红霞	(80)
江汉盆地东部白垩系储层初步评价 .....	李 群		(83)
江汉盆地下第三系流体包裹体特征及应用初探 .....	柯小平	覃建雄	(87)
江汉盆地上古新统一始新统轮藻植物群及其地层意义 .....	戈春培		(93)
石柱复向斜石炭系储层特征及预测 .....	高 原	曾祥华	朱美衡 (96)
中扬子区早二叠世层序岩相研究 .....	梁西文	张柏桥	(102)
利用统计模式识别方法判别地层岩性 .....	杜环虹		(106)

## 构 造 研 究

江汉盆地江陵凹陷构造样式研究 .....	冯年忠	蒋卫明	阳 芳 (113)
荆沙背斜带盐丘构造特征及其对油气的控制作用 .....	熊智勇	余芳权	阳 芳 (116)
江汉盆地及邻区前印支期构造特征研究 .....	周 雁		(121)
鄂西渝东区构造特征及其发展演化 .....	胡纯心	高 林	刘 锐 (125)

## 勘 探 技 术

山地地震勘探采集技术 .....	赵永学		(131)
盐隆陡构造叠前深度偏移成像 .....	查树贵	杨建国	周建军 王德松 (137)
波动方程基准面校正研究 .....	龚小金	陈洪堤	(140)
高分辨率地震资料处理方法研究及其应用 .....	夏洪瑞	周开明	陈德刚 (143)

王场油田盐间地层裂缝地震反射特征 .....	李正强	周建军	(148)
蚌湖向斜周缘隐蔽性油藏地震多信息预测探讨 .....	陈玉明	郑晓玲	韩志刚 (151)
鄂西渝东区山地地震资料解释探讨 .....	高林	陈红	付宜兴 (158)
地震枪震源系列的研制及应用 .....	邓书广	逮自立	赵永学 王光然 (161)
江汉盆地盐间非砂岩核磁共振测井解释方法研究 .....			李春梅 (166)
周矶油田低电阻率油层测井解释方法研究 .....	章海宁	卜勤生	(170)
拖市低渗透裂缝—孔隙型油藏渗流机理及应用 .....	付春华	朱慧	(175)
江汉盆地地应力分布探讨 .....	储昭坦	王昌学	(179)
地层测试技术在江汉勘探与开发中的应用及效果 .....	吉玉林	杨家祥	文晓林 (184)

# 勘 探 评 价

# 江汉断陷盐湖盆地石油地质特征及其勘探

戴世昭 方志雄

(江汉油田分公司)

**摘要** 从分析、总结江汉盐湖盆地石油地质特征、油气分布聚集规律及勘探经验和做法入手, 阐述其勘探潜力, 从而证明一个较高勘探程度的盆地内, 只要围绕油气资源评价这个中心, 深入细致地开展综合分析和研究, 就能不断地认识盆地油气资源潜力, 准确地划分油气聚集有利区带, 不断开拓新的领域。通过不断吸收和采用各项勘探新技术, 诸如现代数字地震、三维地震、高频地震、数字测井、中途测试、井筒技术及油层改造技术等, 就会不断有新的发展, 逐步提高勘探效益。

**主题词** 断陷盆地 蒸发盆地 沉

江汉盆地是燕山运动后期发展、早喜山运动后期基本结束的盐湖盆地, 属我国东部孤后块断盆地系统。西邻鄂西褶皱带的宜都鹤峰背斜带, 北靠巴洪褶皱带的垒堑相间的次级构造单元, 北东为秦岭褶皱带的淮阳隆起, 东为鄂东南块断带, 南与江南块断带的华容隆起毗邻。总面积  $36350\text{km}^2$ , 中、新生代沉积岩厚度逾万米。

该盆地经过近 30 年的勘探, 发现白垩系、下第三系下始新统新沟嘴组、中始新统荆沙组、上始新统潜江组和上第三系中新统广华寺组 5 套含油气层系, 并已在下第三系潜江组和新沟嘴组找到 25 个油田。

## 1 盐湖盆地基本地质特征

### 1.1 沉积特征

江汉盆地是在白垩纪初期下陷形成的内陆盐湖沉积盆地。白垩系是在干燥气候下形成的一套红色粗碎屑沉积。下第三系沙市组下段以含膏盐沉积为主, 此后盆地继续下沉, 湖盆扩大, 沙市组上段和新沟嘴组下段暗色泥岩增多, 间夹泥膏岩、钙芒硝及泥灰岩。新沟嘴组上段, 由于受到北部及西北部古河道河水补给, 湖水淡化, 砂岩广泛分布, 泥岩红灰间互, 部分含膏。荆沙组沉积时, 湖盆上升、收缩, 在亚热带干燥气候下形成红色碎屑岩, 并普遍含石膏。潜江组沉积时期, 由于大断层的活动, 潜江、小板及云应凹陷的局部地区持续下沉, 成为

闭塞一半闭塞的环境, 沉积了厚度较大的含盐暗色泥质岩系。荆河镇组沉积时期, 盆地急骤抬升, 湖水收缩于潜江凹陷的蚌湖、周矶一带, 其他地区不仅没有沉积荆河镇组, 甚至潜江组也遭受不同程度的剥蚀。晚第三纪至第四纪, 盆地又复下沉为泛滥平原沉积。

可见, 盆地内白垩、下第三系由 2 个沉积旋回组成。第一沉积旋回为白垩系—下第三系沙市组—新沟嘴组; 第二沉积旋回为下第三系荆沙组—潜江组—荆河镇组。它们的发生、发展过程均表现为: 古湖盆的发生—扩大—收缩; 水体深度的浅—深—较浅; 水介质的淡—咸—淡; 沉积粒度的粗—细—较粗; 沉积环境的氧化—还原—弱氧化。

潜江、小板凹陷内潜江组以含膏盐著称, 盐岩分布面积分别为  $2000\text{km}^2$  及  $250\text{km}^2$ , 分别占凹陷面积的 80% 和 45%, 盐岩层由凹陷边缘向里逐步增多, 最多可达 157 层, 累计厚度占地层的 50%。盐岩与钙芒硝泥岩、泥灰岩、白云质泥岩或砂岩组成一个由淡—咸—淡的韵律层。韵律层在剖面上频繁交替, 显现出极为明显的韵律结构。韵律层间被 4 次淡化期沉积的砂、泥岩分隔, 形成 4 个次级沉积旋回, 即 4 套自生自储的生储盖组合。

凹陷持续下沉和水介质咸淡交替有利于形成有机质的保存并向石油转化的地质和地球化学环境。咸化浓缩期沉积的盐膏盖层有利于有机质的保存、转化, 但也造成潜江组生油岩纵向上分隔性强, 使油田具有多油层、多油水系统、油水关系复杂的特

点。

## 1.2 构造特征

江汉盆地北部以基底大断裂与老山组成的地垒和地堑相接，而盆地的东部、南部和西部以斜坡与断褶带、隆起带过渡，盆地北降南升，呈不对称型。构造骨架受北西向基底构造及北东向基底断裂活动所制约，从而构成盆地七凹五凸的构造格局。即枝江、江陵、潜江、沔阳、小板、云应和陈沱口凹陷，天门、龙赛湖、沉湖、通海口和丫新（低）凸起。

盆地内凸起的基底均由岩性比较坚硬的中、古生界地层组成，凸起的发育过程都是长期的，继承性的。因此，凸起不仅对凹陷及二级构造带的展布方向起控制作用，而且对地层分布与岩性、岩相的变化起分割作用。如白垩系沉积时，凸起上均有白垩系分布，但通海口凸起上地层厚度明显减薄；新沟嘴组沉积时，通海口和天门凸起抬升未接受沉积；荆沙组沉积时，通海口、天门及沉湖凸起进一步抬高为剥蚀区，其他凸起上沉积厚度也很薄；潜江组沉积时，凸起有着明显分隔作用，如沉湖低凸起北侧的小板凹陷，沉积了厚 1500m 的盐系地层，而南侧的沔阳凹陷则是基本淡化的泥质沉积，最大厚度仅 800m。

凸起的分割作用，造成盆地内无统一沉积中心，各凹陷有各自的沉积中心。新沟嘴组沉积时，断裂和凸起的发育尚处于早期阶段，因此新沟嘴组地层以其相似的沉积特征广泛分布于盆地各凹陷中，具有较好的稳定性和对比性。潜江组沉积时，由于凸起的分割作用，每个凹陷有各自的沉积中心，如潜江凹陷潜江组沉积中心在北部蚌湖、周矶地区，江陵凹陷新沟嘴组沉积中心在南部虎渡河—资福寺一带，沔阳凹陷新沟嘴组沉积中心在中部峰口一带等。

盆地内经钻井和地震资料证实的大小断层逾千条，从断层延伸长度、落差和活动时间来分析，一级断层，如潜北、纪山寺、通海口和天门河等断层对凹陷的发生、发展起着明显的控制作用。大断层下降盘往往是一个与大断层一样的继承性发育的深洼子，如潜北大断层前缘的蚌湖向斜，通海口大断层前缘的吊堤向斜，天门河断层前缘的小板向斜等都具有良好的生油条件，形成了江汉盆地“断控凹、凹生油”的显著特点。

在断层持续活动的影响下，常常在凹陷内派生

出一系列与之平行的二级断层，如与潜北大断层平行的浩口断层，返湾湖断层等。二级断层的产生往往伴随一个二级构造带的出现，这种二级构造带大都继续性发育历史长，伴有一系列三、四级断层的产出，易于产生各种类型圈闭，是油气运移聚集的有利区。广浩断裂带、拖谢构造带等二级构造带的勘探实践证明了这一观点。

## 1.3 生油特征

江汉盆地白垩、第三系主要有下第三系古新统沙市组上段—始新统新沟嘴组下段和上始新统潜江组 2 套生油层系。

沙市组上段—新沟嘴组下段属拗陷时期的盐湖三角洲和滨、浅湖沉积体系，地层厚度稳定，生油岩分布广泛，生油岩厚度一般 250 ~ 450m，仅潜江、江陵和沔阳 3 个凹陷生油岩分布面积达 11700km<sup>2</sup>，有机碳含量 0.6% ~ 0.9%，氯仿沥青“ A ”含量 0.03% ~ 0.08%，烃含量一般 200 ~ 670mg/L，最高可达 1543mg/L。生油岩母质类型主要以陆源植物形成的腐殖型、腐泥—腐殖型为主，属于 I 类干酪根。由于盆地地温梯度比较高，均在 (3.1 ~ 3.6) / 100m 之间，转化条件较好，生油门限为 1500m，测算总生油量为 26.5 × 10<sup>8</sup>t。新沟嘴组具有较好的运移条件，油气运移距离可达 30km 以上，如潜江凹陷吊堤口向斜生成的油气通过长途运移在马王庙地区形成高成熟、高丰度的油藏。江陵凹陷梅槐桥向斜生成的油气经过长途搬运到花园地区等。

潜江组为断陷时期持续下降沉积的一套含盐地层，不仅地层厚度大（最厚逾 4000m），暗色泥岩厚度亦大，生油指标高，但由于凸起的分割性，各凹陷有机质丰度差异悬殊。其中潜江凹陷属断、拗结合，继承性发育的深凹陷，因而在盆地内比其他凹陷的有机质含量丰富。但总的来看，盐湖相生油岩有机碳含量不高，平均为 0.63%，而氯仿沥青“ A ”含量和烃含量很高，平均值分别为 0.246% 和 970mg/L，其生油效率接近我国其他陆相沉积盆地生油岩。生油母质多以偏腐殖型为主的混合型，即腐泥—腐殖型，生油门限为 2200m，温度 89℃，预测总生油量为 47.6 × 10<sup>8</sup>t。丰富的油源条件是我们勘探的特质基础。

## 1.4 储层特征

江汉盆地主要勘探目的层为下第三系下始新统新沟嘴组和上始新统潜江组。

新沟嘴组沉积时期, 盆地为统一的沉积湖盆, 砂岩碎屑来源于西北及东北方向的荆门、汉川等古水系, 形成 4 个向南延伸的砂体, 即马山、后港、永隆河和汉川 4 个次级物源, 自北向南形成三角洲、滨湖滩坝、浅湖滩坝等砂体。砂岩几乎遍布全盆地, 砂岩最大厚度大于 230m, 自北而南砂岩变薄, 储层物性相应变差, 北部孔隙度大于 20%, 渗透率大于  $200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 向南孔隙度逐渐降低到小于 10%, 渗透率降到小于  $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 甚至小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在广大滨、浅湖滩、坝相沉积区, 虽然砂岩横向稳定性差, 连通性不好, 但在坝体主体部位砂岩厚度增大, 物性变好; 而且在盐湖砂岩成岩过程中, 次生孔隙发育。特别是在深埋条件下, 发育有机酸溶蚀型次生孔隙, 这种次生孔隙可占总孔隙的 70% ~ 80%, 孔隙度可达 17% 以上。另外, 盐湖砂岩储层以碳酸盐岩 (铁白云石) 和硬石膏胶结为主, 压裂措施可有效地改变储层渗透性能, 在潜江凹陷老新油田、新沟油田和沔阳凹陷洪湖油田的勘探开发中已见到明显增产效果。

潜江组沉积时, 属亚热带、干湿交替气候下的盐湖沉积, 地形北高南低, 母岩区在北部武当山、桐柏山一带, 物源经荆门地堑和汉水地堑长途搬运入湖, 为单向远物源补给, 所以潜江组砂岩一般不甚发育, 粒度偏细, 泥岩和蒸发岩占据优势。因物源水动力能量较弱并受气候影响频繁, 形成不同时期砂岩延伸远近不一。以潜江组主要勘探地区潜江凹陷为例, 砂岩叠合面积仅  $1630\text{km}^2$ , 只占凹陷面积的 65%, 形成北部“半盆砂”的局面。单个砂体最大分布面积仅  $1206\text{km}^2$ , 最小分布面积  $109\text{km}^2$ 。砂岩自北向南变薄, 先后尖灭, 盐韵律层逐渐增多, 在北部岸边分布有 24 个油组 (砂、泥岩互层段) 42 个砂组, 向南逐渐减少, 在距岸边约 25km 处砂岩全部尖灭。北部单向物源跨越潜北大断层后, 能量急剧扩散、减弱, 快速下沉, 形成江汉盐湖盆地特有的陡坡三角洲相。这种陡坡三角洲是介于正常三角洲和扇三角洲之间的过渡类型, 它有相带窄、变化快; 砂岩单层厚度较大、变化快; 河口坝和水下分流河道砂发育; 各相单元之间及其内部夹有近源沉积物如砾石、泥岩砾等特点。由于比湖盆的盐水密度低, 河水注入盐湖后, 在一定距离内保持原来的喷射趋势, 形成指状 (陡坡) 三角洲相, 砂体生长线与岸边走向垂直。这种多指状三角洲的前缘是有利生储油相带和重点勘探

地区。

## 2 江汉盆地勘探方向和含油气潜力

江汉盆地经过 30 余年的勘探, 取得了一系列的勘探成果, 油田稳产 13 年之久。盆地内局部地区及其层系勘探程度较高, 但各凹陷的勘探程度很不均衡。经过全国第二次油气资源评价研究, 运用盆地模拟, 区带评价和圈闭描述技术, 结合近几年不断取得的新发现, 深化了油气资源分布及其聚集规律, 进一步明确了油气资源潜力的有利勘探区带。通过总结采用勘探新技术取得的勘探成果和效益, 进一步认识到新技术, 如数字地震、三维地震、数字测井、油藏描述、储层预测、测试技术等能不断开发油气资源潜力。因此, 笔者认为, 虽然江汉盐湖盆地石油地质条件比较复杂, 勘探程度较高, 但仍具有较大的勘探潜力。

### 2.1 加强地质综合研究, 总结地质规律, 围绕生油中心展开勘探

国内外含盐盆地如美国二叠盆地, 前苏联第聂伯—顿涅茨盆地等的油气分布都与盐富集区紧密相关。江汉含盐盆地的油气分布亦与盐富集区紧密相关。如潜江凹陷蚌湖、周矶等潜江组次凹的沉降幅度最大, 沉积的盐层也最厚, 围绕着这 2 个次凹发现了 10 余个油田, 探明的石油地质储量占全盆地探明储量 80% 左右。潜江凹陷总口、沔阳凹陷峰口等新沟嘴组次凹探明的储量占新沟嘴组地层总探明储量的 90% 以上。目前在勘探程度较高的蚌湖和总口次凹周缘形成了 2 个油环。

沔阳凹陷原认为主要目的层下第三系新沟嘴组生油层薄, 分布范围小, 有机质丰度低, 埋藏浅, 油气资源贫乏 (资源量  $203 \times 10^4\text{t}$ ), 勘探评价低。在分析和总结了含盐盆地油气围绕盐膏岩发育的生油次凹分布的规律后, 进行第二轮油气资源评价, 指出了有利生油区, 果然在有利生油区峰口向斜东侧发现洪湖油田, 打破了沔阳凹陷 26 年勘探没有获工业油流和油田的被动局面。最近, 围绕潜江凹陷周矶生油次凹进行勘探, 也取得显著成果。该地区 1989 年进行三维地震勘探, 没有发现较好的圈闭, 1993 年通过二维地震和三维地震的精细构造解释发现了许多小面积、小幅度的圈闭, 在储层预测的基础上, 预探了 4 个圈闭, 1993 年均获得了高产, 发现 4 个含油区块, 为油田增储上产做出了

很大贡献。上述成果都是在围绕含盐盆地生油中心找油的理论指导下取得的。江汉盆地各凹陷的分割性强，为我们在多个生油中心周缘找油创造了有利条件。只要进一步加强地质综合研究，在生油中心周缘评选出有利的储油相带，就会不断有新的发现。像沔阳凹陷峰口向斜周缘、江陵凹陷梅—资向斜带周缘等都是有利勘探地区。

## 2.2 深化认识，锲而不舍地坚持勘探有利区带

江汉盆地勘探历程长，有利的勘探区都不同程度地做了大量研究和勘探工作。要充分利用已有资料，去伪存真，客观地利用和深化前人的研究成果和认识。近几年我们曾经过3轮勘探，即“三上三下”的潭口地区、马王庙地区等开展第4轮勘探，发现了2个油区。特别是潭口地区，70km<sup>2</sup>范围内打了30余口井，仅发现3口孤立的工业油流井点。一度认为该区是后期隆起，潜江组地层剥蚀严重，油气遭受破坏，不利于油气保存和聚集。1987年重新研究后，认为该区是长期继承性发育的古隆起，是油气运移的指向区，潜江组地层虽遭受不同程度的剥蚀，会影响到油气的保存，但中、低台阶剥蚀程度低，仍是有利的勘探区。于是，我们在几百米无油的井距之间进行勘探，发现了2个油田11个含油层组，既有断块、断鼻，又有岩性、地层；既有稀油，又有稠油和天然气；既有自生自储，又有古生新储和新生古储的复式油气聚集区块。

再如马王庙地区，曾认为该区储层发育不良，圈闭条件不佳，油源较差，中止勘探近20年。通过深入研究，认为该区属汉川三角洲前缘，是继承性古斜坡，有自身生油和吊堤向斜供源的有利条件，是一个不可放弃的有利区带。1989年部署二维数字地震和三维地震搞清了该地区的结构，发现了一大批圈闭。通过三高地震剖面进行储层横向预测，指出了储层发育有利区带，1990年进行再钻探，取得了勘探突破，特别是中流湾构造上马36井获日产106t的高产工业油流，创新沟嘴组单井日产油最高水平。该油藏埋藏浅（约1500m），油层厚（大于20m），单井产量高，储量丰度大（约 $250 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ），是一个小而肥的高产富集区块。

上述两个例子告诫我们，一是在勘探程度高的地区，要克服勘探已经差不多的思想，要随勘探技术、理论和手段的发展，不断向前看，向深看，特别要回头看，坚持实践、认识、再实践、再认识，

锲而不舍地坚持勘探有利区带；二是要根据江汉盐湖单向物源补给，储集层在北，生油层在南的地质特点，特别要注意在生油向斜北侧评价有利生储油相带（区），因为它们往往是寻找马36井区式的高产富集区块的有利地区。盆地内类似的地区尚有潜江凹陷的东北斜坡和钟西地区，江陵凹陷荆沙背斜带和陵西地区，沔阳凹陷彭场和张沟构造带等。

## 2.3 发展地震勘探技术和储层横向预测技术，寻找隐蔽性油气藏

江汉盆地砂岩不甚发育，特别是下第三系上始新统潜江组众多砂体延伸远近不一，形成众多砂岩尖灭线（带），是寻找隐蔽性岩性油气藏的有利条件。随着沉积相研究的不断深入，特别是地震勘探技术和储层横向预测技术的发展，隐蔽性油气藏的勘探是一个不可忽视的领域。

与其他盆地不同，盐湖盆地沉积的泥岩中含膏、盐较多，使泥岩层地震波速度增高，与砂岩速度差异很小，无法区分。然而密度却有差别，其差别造成声阻抗的差别，潜江凹陷潜江组2000m以下泥岩和干（砂）层声阻抗最大，其次是渗透性薄砂层（小于10m），渗透性厚砂层（大于10m）最小，而盐层的声阻抗不随深度而变。由此确定了盐湖地震地质反射特征：即盐韵律层与砂、泥岩段之间为强波阻抗界面，出现较稳定的强反射同相轴；而盐韵律层段之间波阻抗较小，出现弱反射同相轴。分析这些同相轴在振幅相位上的变化，结合沉积相的地质条件，可以追踪砂、泥岩变化，从而确定岩性圈闭的位置。利用盐湖沉积层在地震反射上的这种特征，用VSP测井、人工合成记录标定地质层位，利用地震振幅、极性、波形、频率等相对变化，与地震“三高”、AVO处理的大比例尺剖面等进行储层预测，圈定了10余个地震异常体（砂岩透镜体和上倾尖灭型等岩性圈闭），发现了严河油田，扩大了广北、王场油田等，取得了较好的勘探成效。随着勘探程度的进一步提高，待发现的构造圈闭将越来越少，向斜中寻找隐蔽性油气藏将越来越重要。

## 2.4 利用新技术发现盐间白云岩储层，扩大了勘探领域

潜江凹陷潜江组为一套盐韵律夹砂岩地层，以盐韵律异常发育为其显著特征，共有160多个级盐韵律，每个盐韵律下部为盐间生油岩，受盐层阻隔，盐间生油岩生成的油气运移不充分，滞留在盐

间生油岩中，呈油侵状，过去一直定名为“油侵泥岩”。近几年，通过大量岩心观察和利用试验新技术如荧光薄片、扫描电镜、X衍射、阴极发光、化学分析、压汞、铸体、钾、钍、铀、孔、渗、碳等数千块次的样品分析、化验，发现盐韵律层中原“油侵泥岩”是油侵白云岩和油侵钙芒硝白云岩。这种盐间白云岩单层厚度较薄，累计厚度大，可达466m，其中油侵白云岩最大累计厚度263.5m，分布稳定，面积大，约1800km<sup>2</sup>，占潜江凹陷总面积的72%。储集空间以溶蚀孔、洞为主，据300余块样品统计，有效孔隙度平均15%，变化范围较宽，为3%~33%，渗透率平均值可达 $66 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，但以小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 为主，变化范围与孔隙度一样较宽，为 $(0.019 \sim 389) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。盐间白云岩具有较好的脆性，裂缝较发育，裂缝一般在构造应力集中的地区和曲率大的构造转折部位异常发育，众多对偶（共轭）裂缝交织在一起，往往形成一个破碎带（如车挡断层），裂缝连通孔隙，往往形成高产油井。如王场油田钻调整井王四12-2井时，该井在盐间白云岩裂缝段发生井喷，喷烧7天6夜，日喷油逾千吨。最近在车挡断裂带附近钻的盐间白云岩专探井——王云3井，压裂后初产油达90多t，证实盐间白云岩不仅可以储油和出油，而且可以获得高产。盐间白云岩资源潜力相当巨大，据测算潜江凹陷潜江组生成的36亿余t的生油量，有四分之三的生油量蕴藏在盐间白云岩之中，其资源潜力可想而知，是油田增储上产的现实地区和重要新领域。

2.5 根据盐湖盆地油气藏块小、分散的特点，采取蔓延式勘探开发，提高勘探开发节奏和整体效益

勘探开发节奏和程序随勘探技术的发展而发展，滚动勘探开发理论早在20世纪70年代末就已形成，并被不断地运用于生产实践，在改革开放和市场经济形势下，必须提高勘探开发整体效益，加快勘探开发节奏，使勘探向开发延伸，开发向勘探渗透和超前，加强项目管理，充分利用好勘探投资，寻找更多含油区块或井点。根据盐湖盆地油气藏块小而分散的特点，一旦预探井发现工业油气流，就做大比例尺、高精度构造精细解释，或补做

三维地震、“三高”地震剖面，充分利用地震、测井、测试等新技术，开展储层横向预测、油藏探边等工作，加深油藏认识，交开发系统采取慢延式的一个井距一个井距向外滚，迅速形成产能，回收勘探投资，扩大再生产。江汉油田近几年来是这样想的，也是这样做的。例如潜江凹陷马王庙地区中流湾构造和周返地区曾家滩构造发现高产工业油流后，就在全局范围内进行招标，成立新区试采项目，新区试采项目组在深入研究的基础上，打了7口滚动开发井，全部获得成功，现已采油4万余t，预计全年可以生产原油6万余t，不仅当年全部收回勘探开发成本，还创利数千万元，加快了勘探开发节奏，提高了勘探开发效益；更重要的是赢得了时间，争取了生产主动权，摸索出了一条勘探不打评价井，快速滚动勘探开发的新路子。

江汉盐湖断陷盆地地质条件的特殊性和复杂性，决定了勘探工作历程的艰难性，为我们丰富陆相盆地石油地质理论，探索盐湖盆地勘探新理论和新方法创造了条件。要挖掘盐湖盆地油气资源的潜力，必须坚持地震先行，进行构造精细解释和储层横向预测，提高勘探成功率和效益；进一步深化盆地分析与模拟、区带评价和圈闭描述，研究油气资源分布状况和规律，指出有利的勘探区带（相区）和近期勘探目标（圈闭）。发扬锲而不舍的精神，坚持勘探有利区带，特别是生油向斜北侧的有利区带是寻找高产富集区块的有利地区。同时，加强盐下层与中、古生界海相地层的勘探与研究，特别是古生界海相地层的成油气地质条件在我国南方12省区仅次于四川盆地，勘探前景很好，但由于其埋藏深，经历的构造运动多，结构构造比较复杂，在艰苦细致的勘探前期准备工作之后，一定会在近期取得勘探突破，繁荣油田事业。

#### 参考文献

- 1 吴崇筠，薛叔浩等．中国含油气盆地沉积学．北京：石油工业出版社，1992
- 2 戴世昭，江继纲等．江汉盆地马王庙地区石油运移的探讨．石油学报，1992，13（4）

# 马王庙地区油藏描述及油气富集规律

郑晓玲 陈长江 王必金

(江汉油田分公司勘探开发研究院)

**摘要** 利用综合地质研究与人机联作精细油藏描述技术相结合的方法,通过油源、构造、沉积特征及其演化和变迁、油气保存等成油地质要素及其相互匹配关系的研究,并将油藏描述技术应用到区带评价及油气富集区的预测,阐明了油气富集规律,指出了油气富集的区带、层组、构造样式、部位、油藏类型及其组合序列。

**关键词** 江汉盆地 油藏描述 油气聚集带 三角洲前缘相 构造圈闭

马王庙地区横跨潜江凹陷东部斜坡及岳口低凸起中段,面积约  $450\text{km}^2$ ,其勘探目的层新沟嘴组下段具有断层发育、构造破碎、多沉积微相叠加、储层变化快、物性差异大、烃源供给程度不同、油气保存条件不一、油气分布变化大、贫富悬殊等特点。通过将人机联作油藏描述技术与地质综合研究结合,用于该区构造、储层、油气分布、富集规律的研究,加深了对该区地质特征及油气富集规律的认识。

条件和油气分布及储集参数的研究,建立地质概念模型(油藏规模、类型、分布、油层物性、含油性等);二是通过精细的层位标定、速度场分析、剖面特殊处理、地震剖面精细解释,建立构造模型;三是通过地质标定测井,确定储集参数(储层厚度、孔隙度、油层厚度、含油饱和度等)的测井解释模型;四是通过储集参数的测井特征值与地震反射特征值的相关分析,找出需预测的储集参数的地震响应特征值并横向追踪;五是通过综合分析构造模型、地质概念模型及储集参数预测结果,对构造、圈闭、储层、含油性、储量规模、油藏做出综合评价,并提出钻探目标。

## 1 油藏描述技术思路及方法

油藏描述是近十几年发展起来的一项综合性的油气勘探评价方法,它是现代石油地质理论为指导,以现代计算机技术为手段,综合利用地震、录井、测井、试油、试采、分析化验等资料,在三维空间描述储层分布,岩性和物性变化,储集体中油气分布及油气藏形态的系统工程。不同地区地质条件不一,描述的侧重点及方法有所不同。针对马王庙地区地质特点,采用图1所示的油藏描述技术思路与方法,即以人机联作 IES(地震资料解释)、RM(油藏描述)、滚动勘探开发一体化工作站为手段,以构造精细描述、储集体描述为主体,以地质综合研究为基础,应用地质标定测井,测井标定地震的研究方法,最后达到认识油气富集规律,预测油气富集区及其油藏储量规模,确定有利钻探目标的目的。在具体方法上:一是通过已知成藏地质

## 2 油气富集规律

油气富集与否取决于多种地质因素。马王庙地区受烃源供给程度不同,构造起伏,断裂组合及圈闭发育状况不一,沉积相及储层展布有异,保存条件有别的影响,以及它们相互配置组合关系的制约,油气富集具有如下规律。

2.1 三角洲前缘相带中近油源的继承性古隆起和断裂构造带是油气富集的主要地区

马王庙地区新沟嘴组下段为三角洲和滨浅湖相沉积,三角洲前缘相带分布于东部,范围较宽,砂岩较发育,厚  $40\sim 100\text{m}$ (图2),渗透性砂岩孔隙度平均  $20\%$ ,最高  $32\%$ ,渗透率平均  $345\times 10^{-3}$



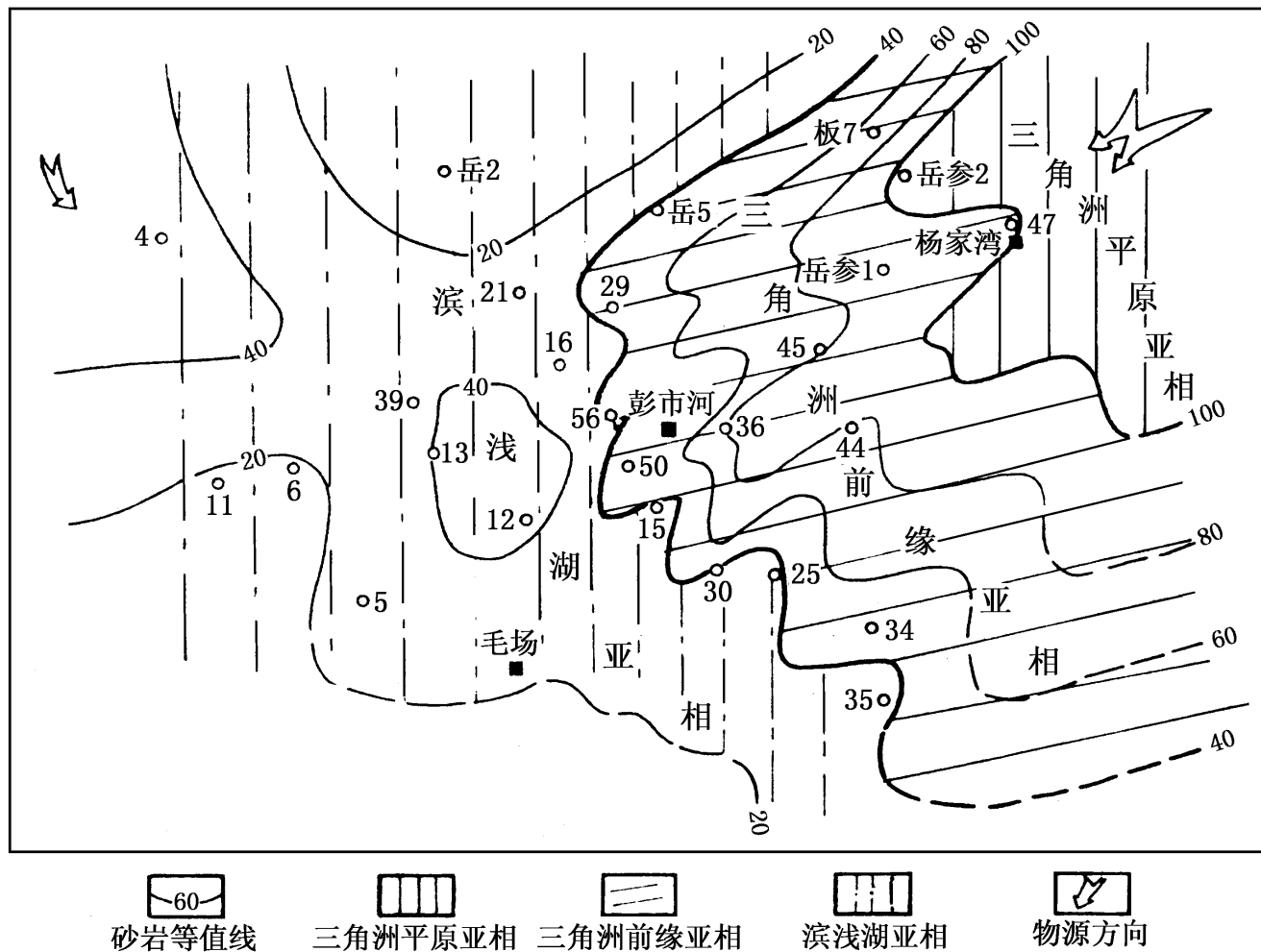


图2 马王庙地区新沟嘴组下段沉积相分区图

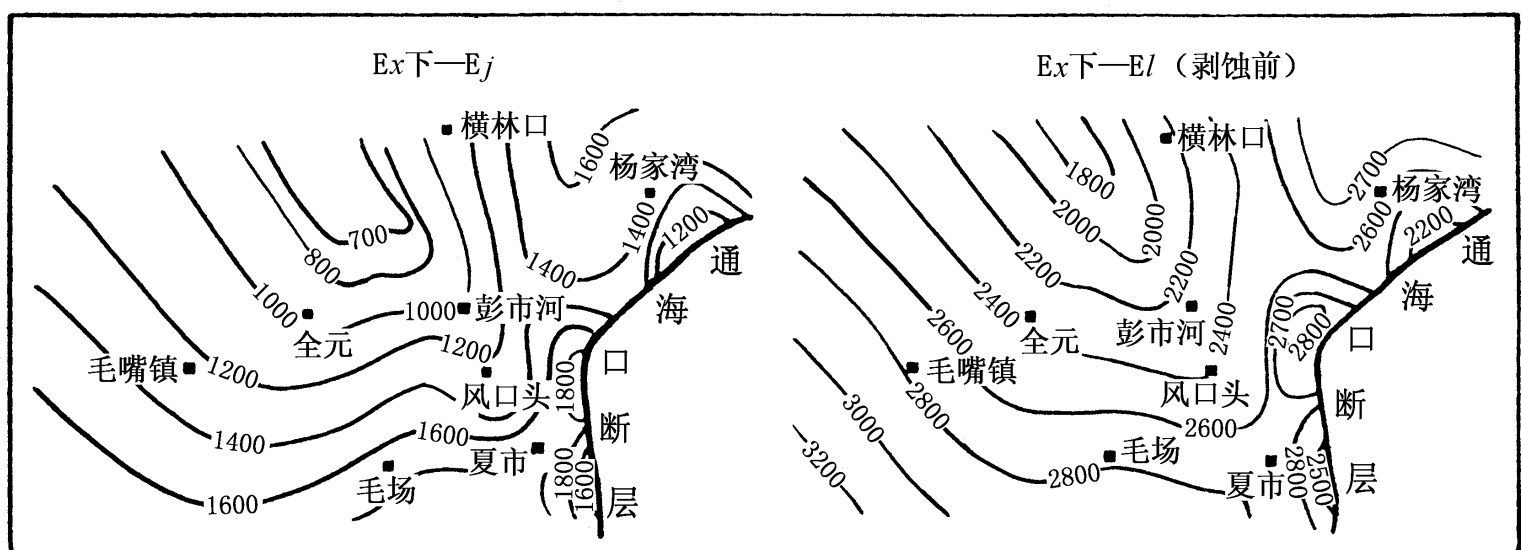


图3 马王庙地区地层等厚图

区内处于三角洲前缘相带中近油源的继承性古隆起和断裂构造带，是油气长期运移的指向地区；发育的砂岩不但有利于油气横向运移，而且本身储集条件好。因此，三角洲前缘相带油气最为富集。马王庙地区的彭市河鼻状断裂带、风口头断裂构造带、通海口断裂构造带都具有油气相对富集的地质条件，是区内油气富集的主要地区。

## 2.2 主力烃源岩中的砂岩发育段 $Ex^{2+3}$ 和 $Ex^{1+2}$ 砂组是油气富集的主要层组

马王庙地区主力烃源岩段为  $Ex$  至  $Ex$  上部，其中的  $Ex^{2+3}$  和  $Ex^{1+2}$  砂组是三角洲发育的主要层段，三角洲前缘亚相覆盖面广、砂岩较发

育、横向连通性和物性相对较好，且穿插于主力烃源岩之中，有比较充足的油源供给，加上本区张扭性断层多具封堵能力，油气垂向运移条件差，以横向运移聚集为主，因此成为最有利于油气富集的层组。从目前已探明储量看，85%的储量都集中于这几个砂组之中。

## 2.3 复杂断鼻构造是油气富集的主要构造样式

马王庙地区断层十分发育，局部构造皆与断层有关，主要存在复杂断鼻、地垒式断背斜、单斜断块、断鼻4种局部构造样式（图5）。其中复杂断鼻构造是马王庙地区最具特色的构造样式，它由北东向断裂切割北西向古隆起而成，发育于古隆起

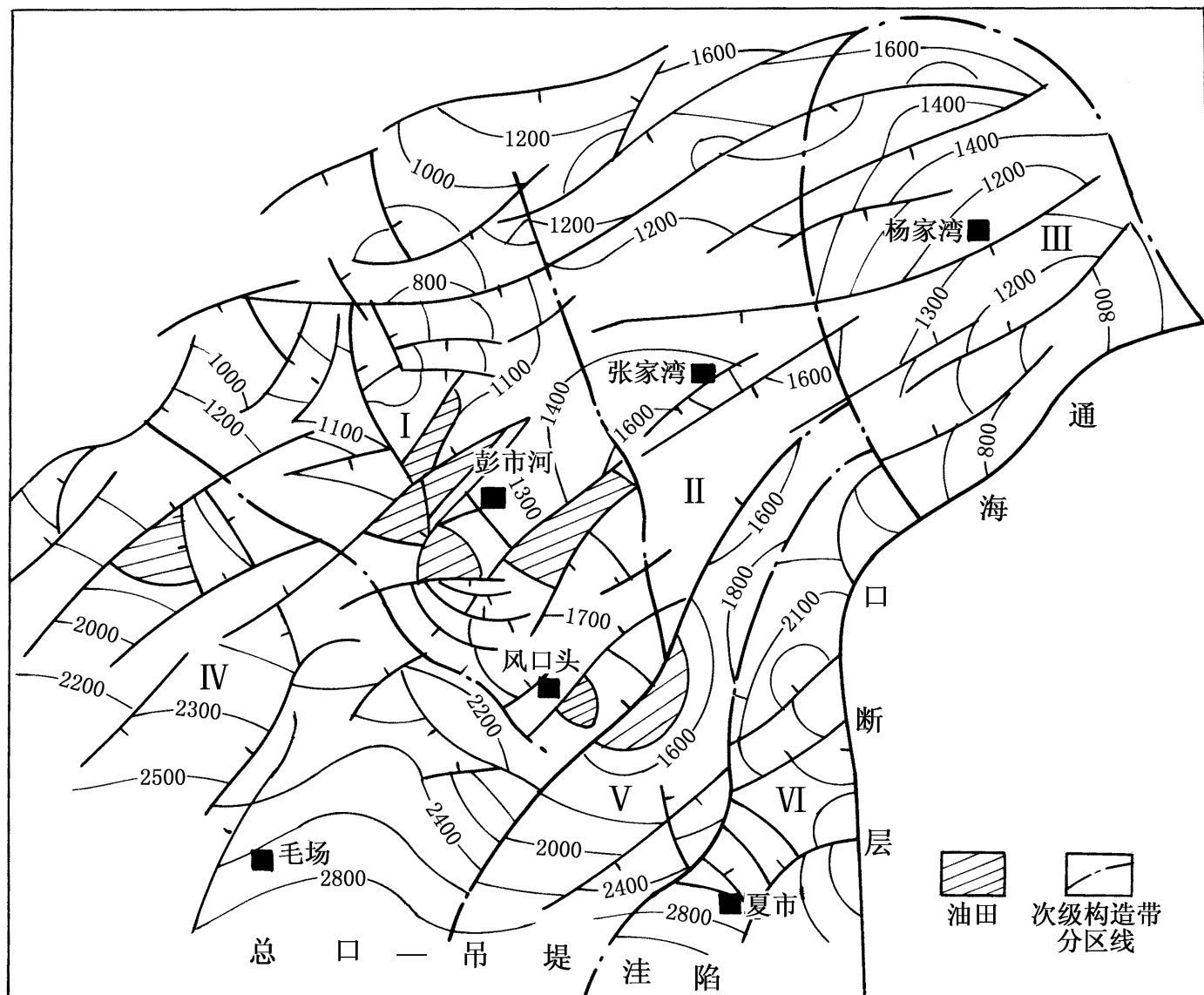


图4 马王庙地区新沟嘴组下段顶面构造图

—彭市河鼻状断裂带； —张家湾鼻状构造带； —杨家湾鼻状断裂带；  
—毛场斜坡带； —风口头断裂构造带； —通海口断裂构造带

轴部和断裂构造带，成群分布。它与一般局部断鼻的区别在于封堵断层不是一条断层，而是由多条断层相接构成遮挡，且断层掉向可以不同，内部被小断层破碎成多个断块，每个断块都是一个独立的局部圈闭。该构造样式无论其内部破碎得多么复杂，只要处在油气富集有利区内，几乎每个断块都含油，只是各断块油水系统不同，含油丰度高低不一。因此这种复杂断鼻构造是油气富集的主要构造样式，其内部断块是基本成藏单位。

#### 2.4 构造油藏油气富集程度高

在探明的含油区块内，已发现33个油藏，其中岩性油藏15个，规模小，油层薄，平均油层厚度仅3.0m，探明储量只占总探明储量的15%。构造油藏有18个（含岩性—构造油藏），平均油层厚度7.0m，探明储量占总探明储量的85%。

在局部构造圈闭高部位，不但构造油藏油层厚度大，还往往叠加有岩性油藏分布，成为油气富集高产的主要部位。

#### 2.5 保存条件影响油气富集

油气藏的富集与保存条件直接相关，本区早第

三纪末期构造回返剥蚀，其剥蚀程度自西南往北、东方向加剧，在彭市河鼻状断裂带北部的轴部一带，地层已剥蚀至荆沙组甚至新沟嘴组上段，勘探目的层新沟嘴组下段的上覆盖层残存厚度在岳2井只有80m，在马24井仅495m，加上构造回返中断层的重新活动，容易使地表水渗入，从而使保存条件变差，影响了油气富集程度。

据油田水资料分析，新沟嘴组下段油田水垂向分带较明显，埋深大于2100m，为古水文交替停滞带，各项水化学指标反映地层水几乎完全不受地表水干扰和影响，水型为CaCl<sub>2</sub>型，油气保存条件好。2100~1070m上下为古水文交替阻滞带，是地表渗入水与凹陷地层流体锋面交汇、平衡地带，CaCl<sub>2</sub>型水和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>型水并存，油气保存条件较好，由于该带地层流体自南向北流动，与自北向南流动、方向相反的地表渗入流体发生交汇，油气继续向浅处运移受到阻碍，因而是油气最为富集地带。小于1070m为古水文自由交替带，水型均为Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>型，表现出一定的开启性，不利于油气保存(图6)。如马29井一带，目的层埋深小于1070m，

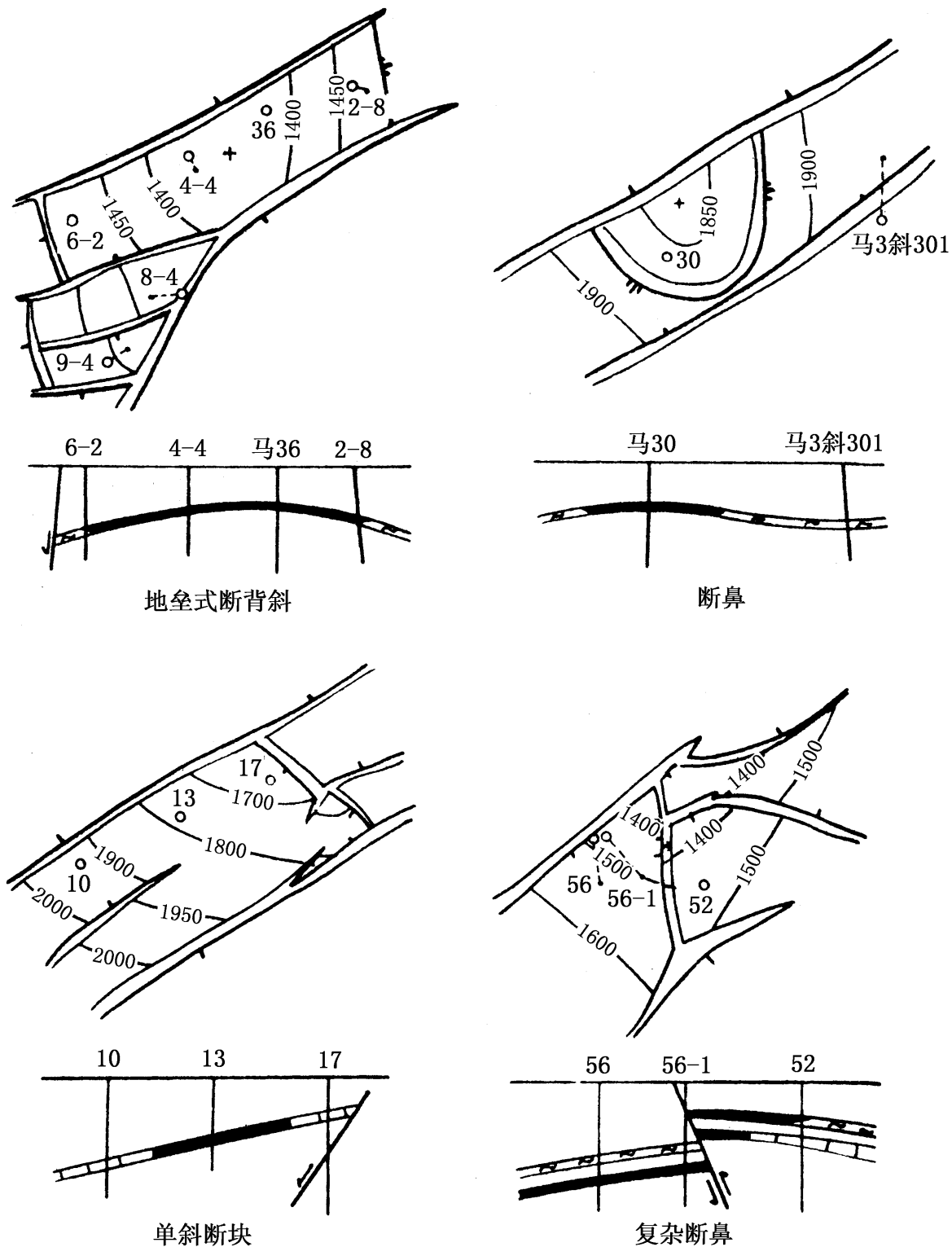


图5 马王庙地区局部构造样式图

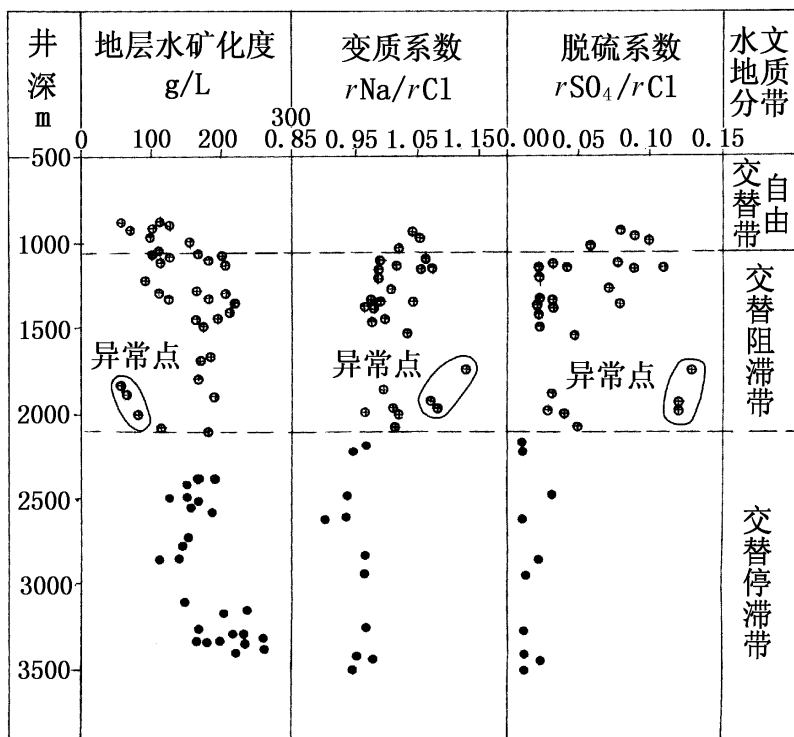


图6 潜江凹陷新沟嘴组下段油田水文地质分带图  
水分析样取自马王庙、拖市、老新、新沟油田；  
—CaCl<sub>2</sub>型水； —Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>型水

油气保存条件变差。马24井厚砂层油气显示好，但测井解释为水层，试油产水，薄层岩性油藏产少量稠油，原油及油砂的正烷烃色谱有明显生物降解氧化特征，证明是古油藏后期破坏的结果。另外，通海口断层前缘的马31、马35井水分析资料明显异常（图6），预示着保存条件可能变差。研究区内其余地区保存条件良好。

### 3 结论

勘探实践证明，地质综合研究与现代油藏描述技术相结合，是加深客观认识地下油气分布与富集规律的有效方法。

三角洲前缘相带中近油源的古隆起及断裂构造带，油源较丰富，储层发育，构造圈闭多，是油气