

文章编号: 1000-0550(2008) 02-0211-10

川中—川南地区上三叠统沉积相研究^①

施振生 杨 威 金 惠 朱秋影 刘满仓 郭长敏

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007)

摘 要 综合分析岩心、露头剖面和测井资料,认为川中—川南地区上三叠统发育三角洲相和湖泊相,其中,三角洲相可进一步划分为三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲三个亚相,湖泊相则可细分为滨湖和浅湖两个亚相。不同时期三角洲相和湖泊相发育程度不同。须一段、须三段、须五段和须六段以湖泊沉积为主,由东向西,水体逐渐加深。须二段和须四段以三角洲沉积为主,湖泊沉积分布范围较小。须二段发育时期,研究区北部构造活动强烈,沉积物供给充分,三角洲相主要由北向南延伸;须四段沉积时期,由于北部构造活动逐渐减弱,东南部沉积物供给增加,三角洲相主要由东南向西北方向延伸。随着周缘构造活动的变化,研究区沉积范围逐渐扩大。早期沉积范围仅局限于宜宾—泸州以北地区,中晚期沉积范围扩大,宜宾—泸州以南地区开始接收沉积。

关键词 川中—川南地区 上三叠统 三角洲相 湖泊相

第一作者简介 施振生 男 1976 年出生 博士 高级工程师 沉积学及遗迹学 E-mail Shizs69@petrochina.com.cn
中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

近年来,川中—川南地区上三叠统已成为西南油气田分公司重点勘探接替层系^[1]。上三叠统主要发育岩性油气藏,油气的分布受沉积相带的控制^[2]。然而,对于川中—蜀南地区上三叠统的沉积相类型及其分布,一直存在着争议^[3-8]。主要存在三种观点,即河流相、三角洲相和滩坝相。对于沉积相类型及其分布规律的认识不统一,严重制约了勘探部署思路。笔者通过对研究区上三叠统 40 余口井约 1 460 m 的岩心和威远黄石板、渠县三汇、西山鱼口坳等 7 条露头剖面的详细描述,以及 273 口单井的沉积相分析,结合室内薄片分析、粒度分析和录井、测井、地震资料分析,认为研究区主要发育三角洲相和正常湖泊相,并按层段编制了上三叠统的沉积相图。该项研究成果无疑对川中—川南地区上三叠统储集砂体类型确定及优质储层分布规律的预测有着重要的理论意义,同时对推动四川盆地上三叠统岩性油气藏的勘探也有重要指导意义。

1 地质背景

四川盆地位于川渝东部,四周为高山环绕,东北有大巴山、米苍山,东南有大娄山,西南为大凉山,西北为龙门山、邛崃山,海拔 1 000~3 000 m^[9,10]。研究区位

于四川盆地中部,北起达川—万县,西达南充,东接重庆,南至宜宾,分属蜀南矿区和川中矿区(图 1)。

四川盆地上三叠统是在中三叠世末印支早期运动的基础上形成的^[3]。随着印支运动的发生,扬子海盆结束了大规模的海侵活动。在经过一段时间的剥蚀以后,四川盆地仍然保持着东高西低的古地貌特征,随之进入了以内陆湖盆为主的发育阶段。晚三叠世早期,四川盆地北部为秦岭—大巴山古陆,西北部为龙门山古陆,西部为康滇古陆,东南部为江南古陆。少量海水通过康滇古陆与龙门山古陆间的缺口进入盆地西部,在不大的范围内沉积了一套浅海相的暗色页岩、泥砂岩、粉砂岩和泥灰岩,当时广大东部地区地势较高,未接受沉积。以后,西侧海水后撤,盆内从此与外海隔绝,一个以四川盆地为中心的大型内陆湖盆逐渐形成,开始接受主要由厚层砂岩和泥页岩、粉砂岩夹煤层相间组成的上三叠统。

根据西南油气田分公司最新地层划分对比方案,须家河组由下至上划分为 6 个岩性段(图 2)^[11]。须一段仅发育于川西北龙门山向盆地方向的前陆盆地中。须二和须四段盆地内均以砂岩为主,间夹少量薄煤层、煤线或炭质泥岩、粉砂质泥岩;须三段和须五段以煤系地层为主夹砂岩层;须六段为砂、泥岩互层。因受印支晚期运动的影响,须六段在部分地区沉积较薄或仅为剥蚀残余,甚至被剥蚀殆尽^[11]。

①中国石油股份有限公司项目(编号:030104-1-02)资助。

收稿日期:2007-05-28 收修修改稿日期:2007-07-10

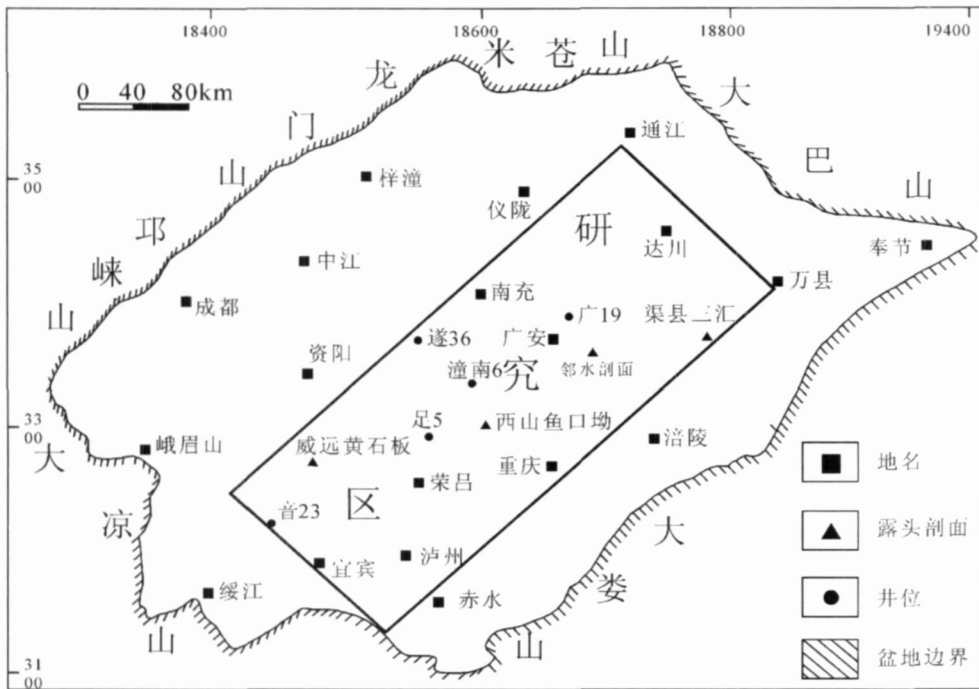


图 1 研究区地理位置

Fig 1 Geographic location of the study area

2 沉积相特征

根据野外上三叠统的岩性、岩相类型、沉积构造、遗迹化石、生物化石富集程度及分布状态等沉积特征,结合室内粒度分析,薄片鉴定等测试资料,川中—川南地区上三叠统以三角洲相和湖泊相为主,局部地区发育湖泊沼泽相(表 1)。

2.1 三角洲相沉积特征

根据沉积环境和沉积特征,三角洲相可分为三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲三个亚相(图 2,表 1)。其中,三角洲平原可进一步划分为水上分支河道、河漫沼泽 2 个微相,三角洲前缘可划分为水下分支河道、支流间湾、河口砂坝、远端砂坝 4 个微相。

表 1 研究区主要沉积相类型及划分

Table 1 Typical sedimentary facies and their division in the study area

相	亚相	微相
三	三角洲平原	水上分支河道、河漫沼泽
角	三角洲前缘	水下分支河道、河口砂坝远端砂坝、支流间湾
洲	前三三角洲	前三三角洲泥
湖	浅湖	浅湖滩坝
泊	滨湖	

水上分支河道: 主要由灰白色含砾粗砂岩、粗砂岩和中砂岩组成,砂岩成分主要为长石石英砂岩(图 3-1)。发育块状层理、槽状交错层理和板状交错层理。河道底部常见冲刷—充填构造,普遍含植物枝杆化石和粒径 2~5 m 的砾石(图 4-1, 2)。由下至上粒度逐渐变细,整体构成正粒序。水上分支河道沉积横断面呈上平下凸透镜体状,平面上呈条带状分布。纵向上,河流二元结构的上端元不发育,常见数十米厚、块状中—粗砂岩。砂体相互尖灭叠置,其间很少或仅有很薄的粉砂岩或泥岩夹层。水上分支河道沉积粒度概率图呈两段式,以跳跃总体为主,含少量滚动组分(图 5-A)。

河漫沼泽: 位于三角洲平原分支河道间的低洼地区。河漫沼泽中植物繁茂,排水不良,为一停滞的还原环境。沉积物主要为灰黑色—黑色泥岩、炭质页岩,夹有煤线或薄煤层,植物根须和完整的树叶化石常见。河漫沼泽地带由于经常遭受洪水侵袭,故夹有洪水成因的纹层状粉砂,见透镜状层理、脉状层理和波状层理。

水下分支河道: 沉积物以灰白色中砂岩为主,细砂岩含量相对较少,砂岩成分主要为岩屑长石石英砂岩(图 3-4)。由下至上,砂岩粒度逐渐变细,整体构

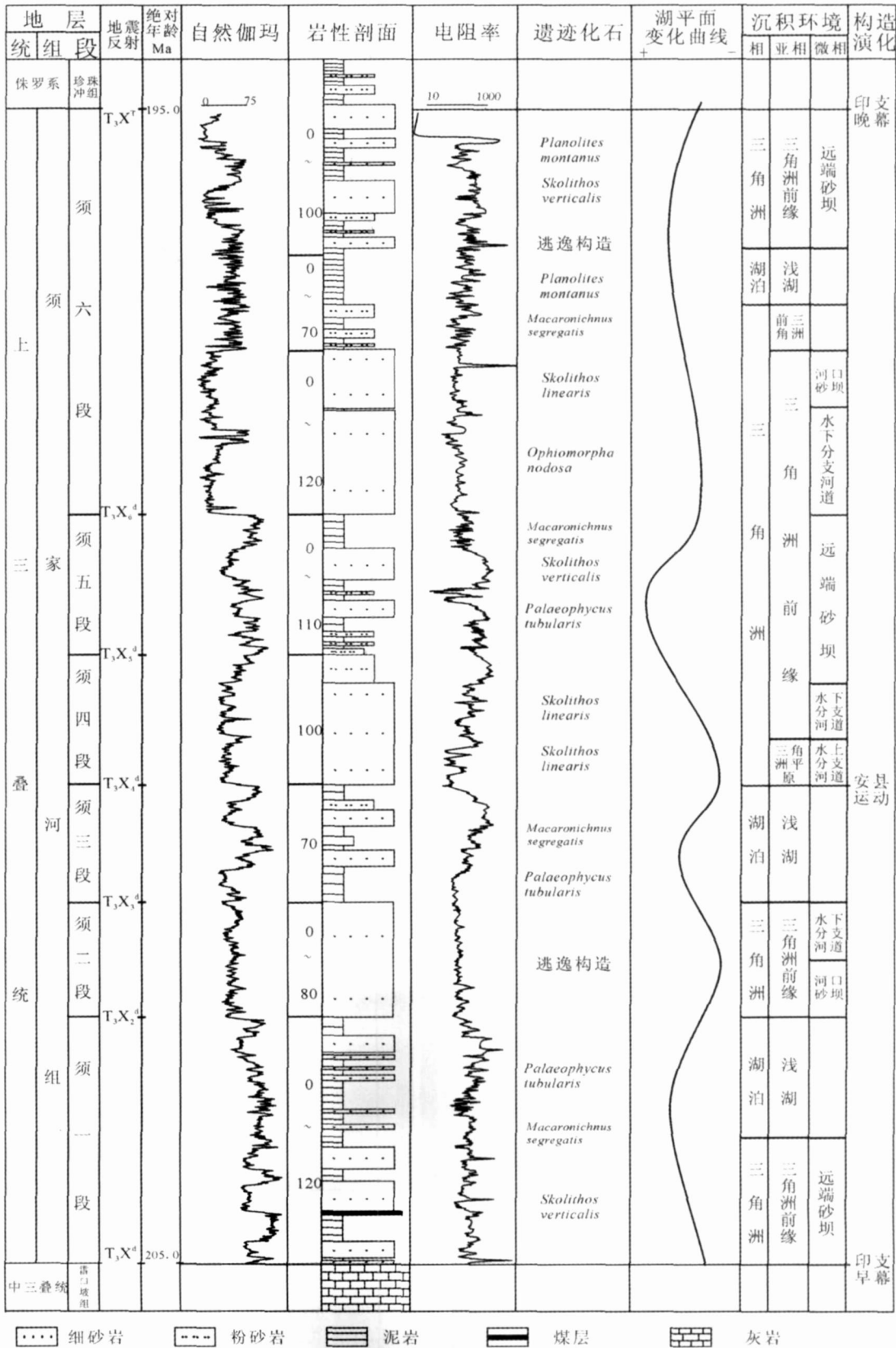


图 2 川中—川南地区上三叠统综合柱状图

Fig 2 Comprehensive column of Upper Triassic in central and south Sichuan Basin

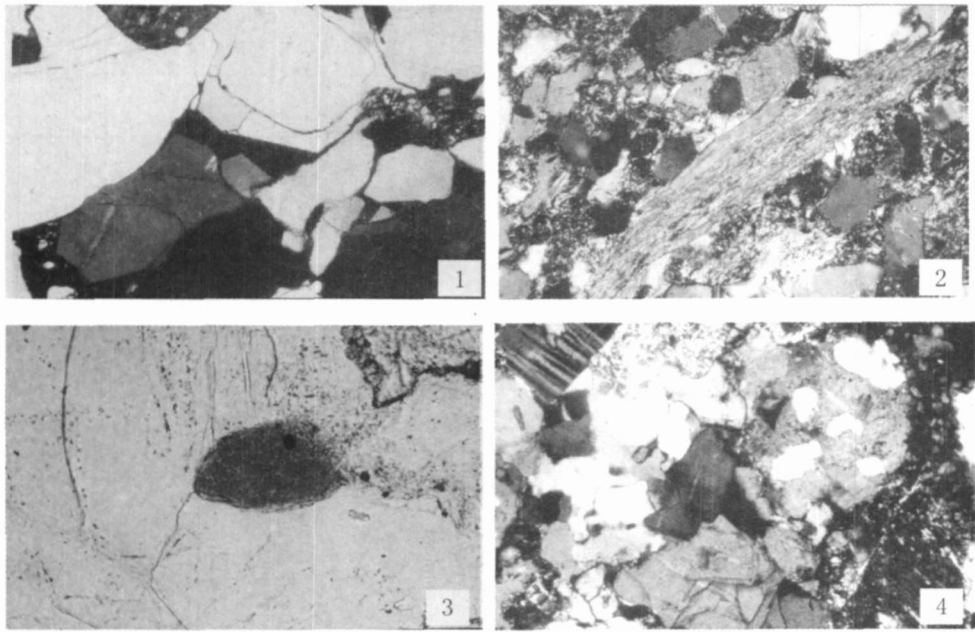


图 3 研究区上三叠统沉积岩的成分及结构照片

1 三角洲平原水上分支长石石英砂岩, 包 36 井, 2 119.25 m, 正交偏光, 照片长边 0.88 mm; 2 三角洲前缘河口砂坝岩屑石英砂岩, 包 36 井, 2056 m, 正交偏光, 照片长边 0.44 mm; 3. 浅湖滩坝微相岩屑石英砂岩, 瓦 6 井, 1 086.40 m, 单偏光, 照片长边 0.22 mm; 4. 三角洲前缘水下分支河道岩屑长石石英砂岩, 瓦 6 井, 1 105.50 m, 正交偏光, 照片长边 0.44 mm

Fig 3 The pictures showing components and structure of sedimentary rocks of Upper Triassic in the study area

成正粒序。水下分支河道底部发育冲刷—充填构造, 冲刷面之上发育一套河道滞留沉积, 厚度为 20~30 cm, 砾岩常为灰黑色泥砾, 呈次棱角状—次圆状, 顺层排列 (图 4-4)。砾岩粒度由下至上逐渐变小。滞留沉积之上发育一套灰白色中砂岩和细砂岩。沉积构造常见块状层理、楔状交错层理、板状交错层理和平行层理。砂岩之上常覆盖有一层灰黑色炭质泥岩, 厚约 5~10 cm, 与砂岩呈截然接触关系。关于炭质泥岩的成因, 存在多种说法^[7]。本文认为, 炭质泥岩是由洪泛作用产生。洪泛期, 水流强烈冲刷沉积底层。洪泛期后, 从上游携带来的大量炭质泥岩沉积于底层之上, 从而形成与底层之间的截然接触关系。水下分支河道沉积的电阻率曲线上为钟型, 单层厚度为 5~8 m。水下分支河道沉积粒度概率图为三段式或两段式, 以跳跃总体为主 (图 5-B)。

水下分支河道与水上分支河道沉积特征存在以下差异: ①碎屑颗粒结构: 水下分支河道主要由中砂岩和细砂岩组成, 含砾粗砂岩含量较少, 碎屑颗粒的分选性和磨圆性较好, 成分成熟度和结构成熟度较高; 而水上分支河道主要由粗砂岩和中砂岩构成, 底部常含有厚度较大的砾岩或含砾粗砂岩, 碎屑颗粒的

分选性和磨圆性较差, 成分成熟度和结构成熟度较低; ②伴生的沉积微相: 水下分支河道常与河口砂坝伴生, 纵向上正粒序和反粒序交互出现, 且常夹有灰黑色的浅湖相泥岩。而水上分支河道主要与河漫沼泽伴生, 纵向上表现为多套的正粒序叠置, 浅湖泥岩很少出现; ③炭屑含量: 水下分支河道沉积中炭屑主要呈泥岩撕裂屑形式出现, 炭屑含量较少; 而水上分支河道沉积中常夹有薄层炭屑, 含量较高; ④砾石成分: 水下分支河道砾石成分主要为灰黑色泥岩、粉砂岩或炭质泥岩, 砾石常呈撕裂屑状; 而水上分支河道砾石成分主要为燧石和石英, 砾石呈次圆状—次棱角状。

支流间湾: 为水下分支河道和河口砂坝之间地势相对低的湖湾地区, 是水下分支河道间河流及湖浪改造都较弱的部分。由灰绿色泥岩和泥质粉砂岩、粉砂岩组成, 常发育透镜状层理、水平层理。自然伽玛曲线呈齿状。

河口砂坝: 主要由浅绿灰色厚层状中、细粒长石石英砂岩组成 (图 3-2), 偶夹泥岩条带和薄层, 砂体底部与下伏泥岩呈渐变接触。砂岩的分选性较好, 质地纯净。沉积构造见楔状交错层理和板状交错层理, 有时可见变形层理。河口砂坝由下至上, 砂岩粒度逐

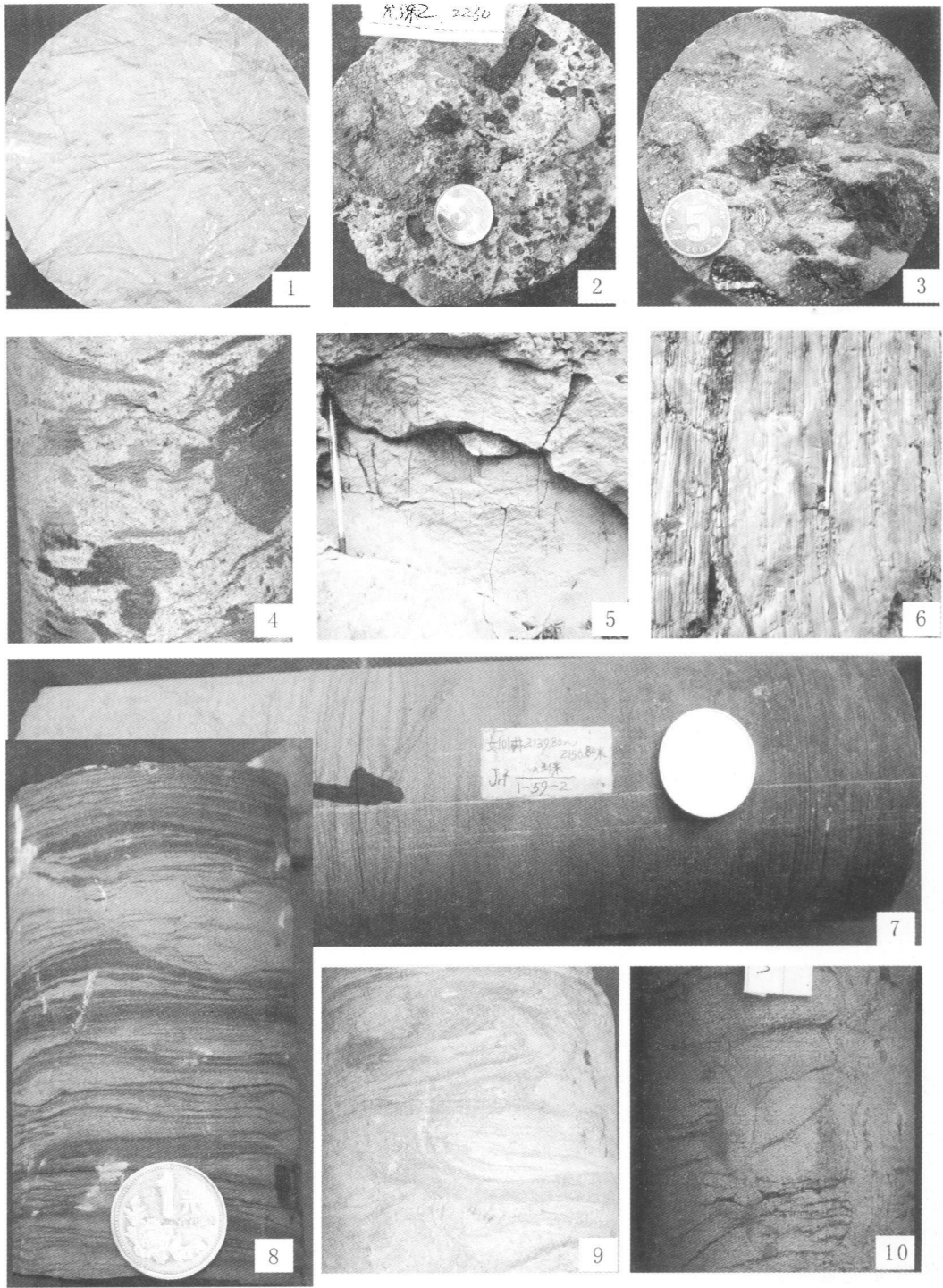


图 4 研究区上三叠统典型沉积构造照片

1. 古植物茎叶碎片, 女 107, 2 090 m; 2 水上分支河道底部滞留沉积, 充深 2, 2 230 m; 3. 炭质泥岩, 营 21, 2 526. 5 m; 4. 水下分支河道底部滞留沉积, 角 48, 3 025. 6 m; 5 古植物根迹, 威远黄石板, 须四段; 6 浅湖泥岩, 西山鱼口坳, 须四段; 7 反粒序层理, 女 101, 2 149 m, 河口砂坝; 8 波状层理, 脉状层理, 女 101, 2 254 m, 远端砂坝; 9 包卷层理, 女 107, 2 152 m, 远端砂坝; 10 *Skolithos verticalis* (垂直石针迹), 女 107, 2 081. 1 m, 远端砂坝;

Fig 4 Photographs of typical sedimentary structures in Upper Triassic in the study area

渐变粗, 整体构成反粒序 (图 4-7), 单层厚度为 3~8 m。河口砂坝沉积常与水下分支河道沉积交互出

现, 故自然伽玛曲线表现为漏斗状与钟状的交。河口砂坝沉积粒度概率图为二段式, 以跳跃总体为主 (图

5-C)。

远端砂坝: 沉积物较河口砂坝细, 主要为灰黑色泥岩、粉砂质泥岩与灰色泥质粉砂岩和粉砂岩薄互层组成。可发育波状层理、透镜状层理和脉状层理(图 4-8), 有时可见有砂纹层理、碟状构造、滑塌变形构造和包卷层理(图 4-9)。生物扰动构造发育, 粉砂岩中常见遗迹化石有 *Skolithos verticalis*(垂直石针迹)(图 4-10)和 *Macaronichnus segregatis*(分离通心粉迹), 偶尔可见生物逃逸构造。*Skolithos verticalis*(垂直石针迹)主要为一种与层面垂直和高角度倾斜的管状潜穴, 直径 2~3 mm, 无衬壁, 被动充填。该遗迹属主要出现于水体能量中等—较强的沉积环境中。*Macaronichnus segregatis*(分离通心粉迹)则为一种沿层面分布或与层面低角度倾斜的管状潜穴, 直径为 3~4 mm, 长约 2~3 m。它主要出现于中等能量的水体环境中^[12]。逃逸构造是动物在底层内快速向上移动或向下逃跑掘穴时遗留下来的痕迹。它的形成与沉积物的加积和被冲刷侵蚀密切相关^[13]。远端砂坝位置水体能量中等—较强, 且存在水体能量的强弱交替。水体能量较强时, 沉积物以砂质为主, 且由于风暴或水流作用, 沉积底层遭受冲刷; 水体能量较弱时, 沉积物以泥质为主, 大量生物在此活动。远端砂坝积砂质组份由下到上逐渐增多, 自然伽玛曲线表现为漏斗状。

2.2 湖泊相沉积特征

根据沉积环境和沉积特征, 湖泊相可细分滨湖和浅湖两个亚相, 其中, 浅湖可进一步划分出浅湖滩坝微相(表 1)。

滨湖亚相: 位于洪水期水面与枯水期水面之间, 水动力条件较为复杂, 以砂泥岩频繁互层为特点, 砂泥分异好, 成层性明显, 但岩性和厚度变化快, 连续性差。砂质沉积中可见交错层理, 泥质沉积顶面常见泥裂、雨痕、虫孔等生物扰动构造。在气候潮湿、植物生长繁茂的条件下, 可发育滨湖沼泽微相。沉积物以灰黑色泥岩和粉砂质泥岩为主, 夹有大量炭质泥岩和煤层。常发育水平层理及块状层理, 并见古植物的根、叶、枝干等化石碎片(图 4-5)。

浅湖亚相: 位于滨湖亚相内侧至浪基面以上的地带。主要由厚层状灰黑色泥岩和粉砂质泥岩组成(图 4-6), 夹有薄层炭质泥岩。陆源碎屑供应充分时, 可出现薄层粉砂岩和细砂岩。泥岩中常见块状层理、水平层理和波状层理, 而粉砂岩和细砂岩中则发育透镜状层理、脉状层理、波状层理和沙纹层理。浅

湖泥岩中古植物茎叶化石丰富, 沿层面分布; 而在粉砂岩和细砂岩中生物扰动丰富, 扰动指数为 3~5 对沉积层造成强烈扰动, 甚至达到均质化。

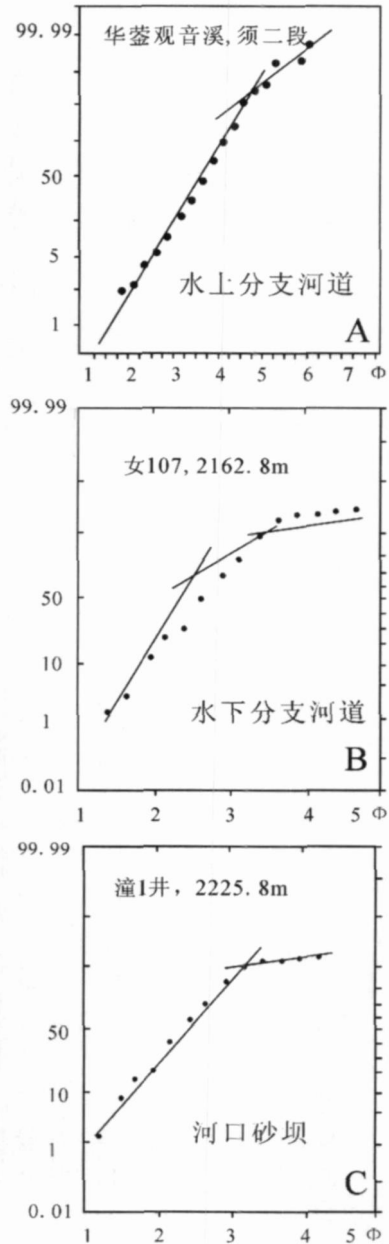


图 5 研究区典型粒度概率曲线

Fig 5 The typical gamma-ray log probability curves in the study area

湖滩坝微相主要见于湖泊边缘或湖中局部隆起周围和湖湾等处的缓坡地区^[14]。滩坝砂岩具有分选好、磨圆好、泥质含量低, 结构成熟度和成分成熟度高的特点(图 3-3)。电测曲线表现为中—低幅漏斗形或低幅齿化箱形。浅湖滩坝微相沉积构造见平行

层理—微波状层理, 纵向上表现为反粒序层理。

3 沉积相平面展布

3.1 沉积相图的编制

在岩心及露头剖面观察分析的基础上, 选择关键井进行单井沉积相的划分及连井沉积相的对比, 同时在平面图编制上, 充分考虑了地层厚度、砂岩厚度、砂地比、砾岩厚度、碳酸盐岩厚度、煤层厚度等因素, 并结合了前陆盆地的结构以及沉积古地貌格局, 按段编制了上三叠统的沉积相图。

3.2 沉积相平面展布

晚三叠世, 四川盆地整体西低东高, 此时西北部的秦岭—大巴山古陆、西部的龙门山古陆、东南部的江南古陆遭受剥蚀。在这种构造背景下, 盆地的北部、东南部和南部发育于一套厚达 500~600 m 的砂砾岩、中砂岩和细砂岩沉积, 而盆地中部的简阳—威远等地区则发育了一套灰黑色的砂泥岩互层沉积。

川中—川南地区上三叠统三角洲相主要发育于须二段和须四段和须六段上部, 而湖泊相主要发育于须一段、须三段、须五段和须六段下部。

须一段 沉积范围较小, 仅局限于仪陇—营 23 井—充 61—遂宁—资阳一线以西 (图 6-1)。该时期以湖泊沉积为主, 由东向西, 水体逐渐加深, 思依 1 井—公 19 井—金 31 井一线以西为浅湖沉积, 以东为滨湖沉积。

须二段 沉积范围扩大, 宜宾—泸州一线以北均有沉积 (图 6-2)。此时, 金 31 井—蓬溪—营 23 井—铁山一线以北发育了一套以浅灰色含砾砂岩、粗砂岩和中砂岩为主的三角洲平原沉积, 中间夹有薄煤层; 而简阳—资阳—安岳—潼南—广安一线以北为三角洲前缘沉积, 沉积物以中砂岩和细砂岩为主, 发育板状交错层理和平行层理。由北向南, 由于物源供给减少, 湖泊水动力作用增强, 故在资阳和隆昌之间砂岩沉积减少, 泥岩沉积增多, 以砂泥薄互层沉积为主。

须三段 以湖泊相沉积为主, 沉积范围进一步扩大 (图 6-3)。研究区西北部的关基井—思依 1 井附近及盆地东南部的营 21 井—广安地区及永川地区发育了一套粉砂岩、细砂岩和泥岩互层的三角洲前缘沉积, 研究区其它地区以湖泊相沉积为主。

须四段 以三角洲相沉积为主, 物源位于研究区北部、东部和东南部 (图 6-4)。此时, 金 31 井—公 19

井—营 23 井一线以北及广安—足 5 井—沈 6 井一线以东发育了一套以浅灰色含砾砂岩、粗砂岩和中砂岩为主的三角洲平原沉积, 中间夹有薄煤层; 而潼南—安岳—资中等地区为三角洲前缘沉积, 沉积物以中砂岩和细砂岩为主, 发育板状交错层理和平行层理。研究区西南部由于物源供给减少, 湖泊水动力作用增强, 故以泥岩沉积为主。

须五段 由于周缘地区构造活动较弱, 故以湖泊相沉积为主, 物源供给较少 (图 6-5)。沉积中心位于资中—内江一带, 在蓬溪—永安 2—永川一线以西发育浅湖沉积, 以东发育滨湖沉积。三角洲沉积位于西北部和东北部, 以砂泥互层沉积为主, 东南部三角洲发育程度较差。

须六段下 盆地沉积范围进一步扩大, 以湖泊相为主, 在广安—宝 1 井以西发育浅湖沉积, 以东发育滨湖沉积 (图 6-6)。东南部有少量物源供给, 在前方形成砂泥岩互层的三角洲前缘沉积。

4 石油地质意义

川中—川南地区上三叠统生储盖层发育, 相互之间配置良好, 故低孔低渗及特低孔特低渗性气藏发育。纵向上, 须一段、须三段和须五段泥岩发育, R 值大于 1.4%, 构成本区良好的生气层和盖层; 须二段、须四段和须六段构成本区良好的储集层。研究区三角洲平原水上分支河道砂体、三角洲前缘水下分支河道砂体和河口砂坝砂体为有利储层发育相带, 以孔隙性储层为主, 裂缝对储层也起一定的作用, 局部地区为裂缝—孔隙型及孔隙—裂缝型储层, 储层类型为 II—II 类储层。须二段, 遂宁地区和蓬莱地区储层物性相对较好, 储层平均孔隙度 6.25%~6.54%, 合川地区和龙女寺地区孔隙度 < 6%, 平均孔隙度 5.03%~5.76%, 储层物性相对较差。须四段储层物性以广安地区和安岳地区为最好, 储层平均孔隙度 7.07%~8.77%, 其次为龙女寺地区、潼南地区和蓬莱地区, 储层平均孔隙度 6.85%~6.4%, 合川地区、遂宁地区储层平均孔隙度分别为 5.92% 和 5.88%。须六段储层物性较须二段和须四段物性差, 平均孔隙度均小于 7%。以蓬莱地区和合川地区为较好, 储层平均孔隙度分别为 6.86% 和 6.27%, 其次为广安地区, 储层平均孔隙度为 5.56%, 而大足地区、安岳地区和龙女寺地区储层物性最差, 均 < 5%。

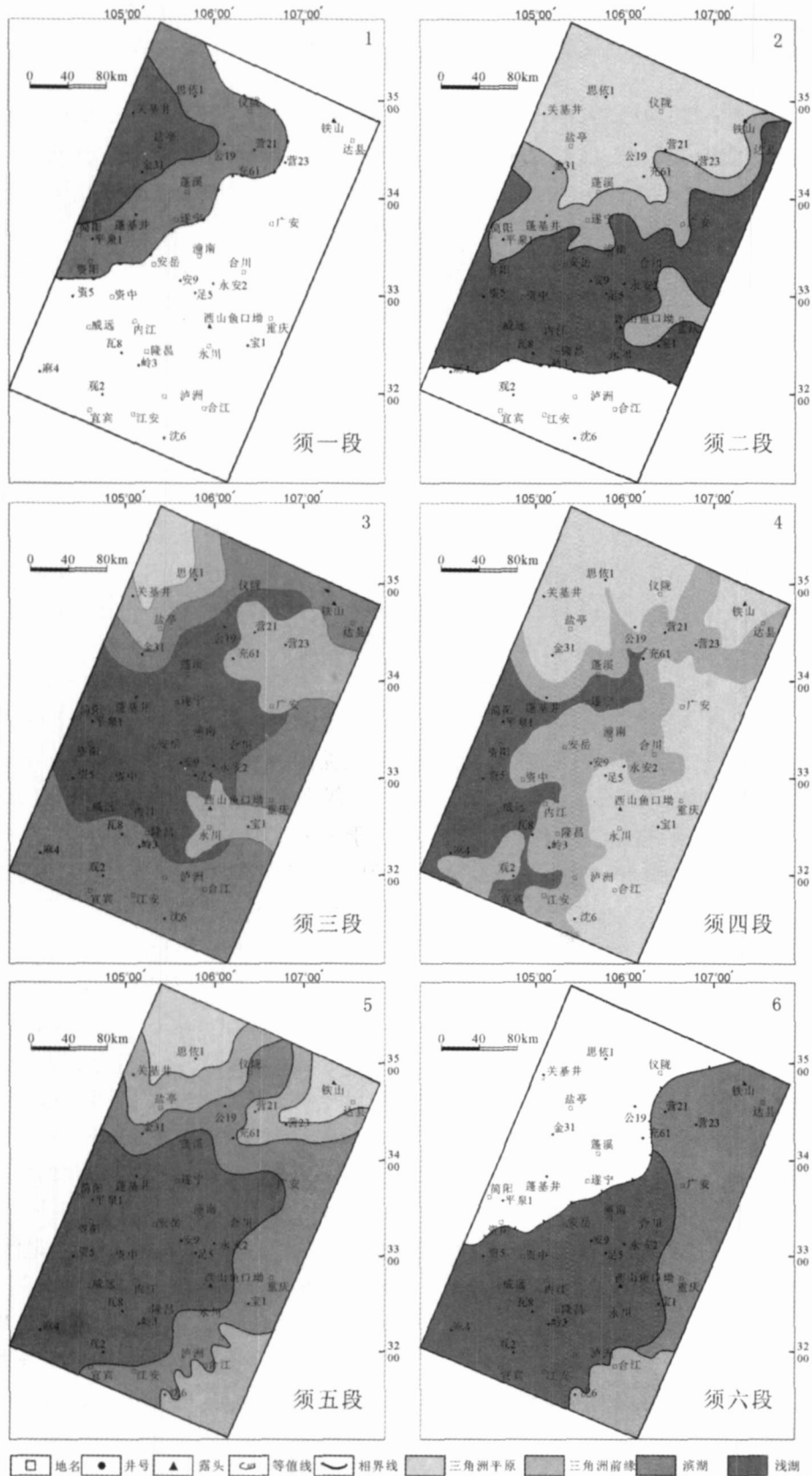


图 6 川中—川南地区上三叠统沉积相

Fig 6 Sedimentary facies in Late Triassic in central and south Sichuan Basin

5 结论

(1) 川中—川南地区上三叠统发育三角洲相和湖泊相。三角洲相主要发育于须二、须四和须六段, 湖泊相主要发育于须一、须三和须五段。

(2) 川中—川南地区上三叠统三角洲相主要发育于西北部、东北部和东南部, 不同时期, 三角洲发育规模变化。早期, 北部构造活动强烈, 物源供给充分, 三角洲相主要是由北向南延伸; 中晚期, 北部的构造活动减弱, 东南部的物源供给增多, 三角洲相主要呈现由北向南、由东南向西北和由南向北三个方向延伸。

(3) 晚三叠世, 川中—川南地区沉积范围逐渐扩大。早期, 沉积范围仅局限于宜宾—泸州以北地区, 中期, 沉积范围扩大, 宜宾—泸州以南地区开始接收沉积, 沉积范围进一步扩大, 研究区范围内均接受沉积。

致谢 在该项目完成过程中, 自始至终得到了西南油气田分公司川中油气矿和蜀南气矿的支持, 在此深表感谢。

参考文献 (References)

- 林良彪, 陈洪德, 姜平, 等. 川西前陆盆地须家河组沉积相及岩相古地理演化 [J]. 成都理工大学学报, 2006 33(4): 376-383 [Lin Liangbiao, Chen Hongde, Jiang Ping, *et al.* Sedimentary facies and litho-paleogeographic evolution of the Upper Triassic Xujiahe Formation in west Sichuan foreland basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2006 33(4): 376-383]
- 冯增昭. 我国古地理学的形成、发展、问题和共识 [J]. 古地理学报, 2003, 5(2): 129-141 [Feng Zengzhao Origin, development problems and common view point of palaeogeography of China [J]. Journal of Palaeogeography, 2003 5(2): 129-141]
- 王宓君. 中国石油地质志 (卷十) [C]. 北京: 石油工业出版社, 1987: 67-69 [Wang Bijun. Petroleum Geology of China (Vol 10) [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987: 67-69]
- 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1996: 70-116 [Guo Zhengwu, Deng Kangling, Han Yonghui. Formation and Evolution of Sichuan Basin [M]. Beijing Geological Publishing House, 1996: 70-116]
- 张金亮, 王宝清. 四川盆地中西部上三叠统沉积相 [J]. 西安石油学院学报 (自然科学版), 2000, 15(2): 1-6 [Zhang Jinliang, Wang Bao-

- qing. Sedimentary facies of Upper Triassic in western Sichuan Basin [J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute (Natural Science Edition), 2000 15(2): 1-6]
- 汪泽成, 赵文智, 张林. 四川盆地构造层序与天然气勘探 [M]. 北京: 地质出版社, 2002: 25-48 [Wang Zecheng, Zhao Wenzhi, Zhang Lin. The Structure Sequence and the Gas Reservoir Prospecting in Sichuan Basin [M]. Beijing Geological Publishing House, 2002: 25-48]
- 侯方浩, 蒋裕强, 方少仙, 等. 四川盆地上三叠统香溪组二段和四段砂岩沉积模式 [J]. 石油学报, 2005 26(2): 30-37 [Hou Fanghao, Jiang Yuqiang, Fang Shaoxian, *et al.* Sedimentary model of sandstone in second and fourth members of Xiangxi Formation in the Upper Triassic of Sichuan basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005 26(2): 30-37]
- 叶黎明, 陈洪德, 姜平, 等. 川西前陆盆地须家河期高分辨率层序格架与古地理演化 [J]. 地层学杂志, 2006 30(1): 87-95 [Ye Liming, Chen Hongde, Hu Xiaoliang, *et al.* The framework of the high-resolution sequence and the paleogeographic evolution of the Xujiahe Formation in the west Sichuan foreland Basin [J]. Journal of Stratigraphy, 2006 30(1): 87-95]
- 王一刚, 张静, 刘兴刚, 等. 四川盆地东北部下三叠统飞仙关组碳酸盐蒸发台地沉积相 [J]. 古地理学报, 1996, 7(3): 357-372 [Wang Yigang, Zhang Jing, Liu Xinggang, *et al.* Sedimentary facies of evaporative carbonate platform of the Feixianguan Formation of Lower Triassic in northeastern Sichuan Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 1996 7(3): 357-372]
- 许效松, 刘宝珺, 赵玉光. 上扬子西缘二叠纪—三叠纪层序地层与盆山转换耦合 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 9-19 [Xu Xiaosong, Liu Baojun, Zhao Yuguang. The Permian and Triassic Sequence Stratigraphy and the Basin-mountain Transforming in West Yangtze [M]. Beijing Geological Publishing House, 1997: 9-19]
- 张健, 李国辉, 谢继容, 等. 四川盆地上三叠统划分对比研究 [J]. 天然气工业, 2006 26(1): 12-16 [Zhang Jian, Li Guohui, Xie Jirong, *et al.* Stratigraphic division and correlation of Upper Triassic in Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2006 26(1): 12-16]
- 施振生, 朱筱敏, 胡斌, 等. 济阳坳陷车镇凹陷古近系沙河街组深水沉积中的遗迹化石 [J]. 古地理学报, 2005 7(2): 233-242 [Shi Zhensheng, Zhu Xiaomin, Hu Bin, *et al.* Deep water trace fossils from the Shahejie Formation of Paleogene of Chechen sag in Jiyang depression [J]. Journal of Palaeogeography 7(2): 233-242]
- 胡斌, 王冠忠, 齐永安. 痕迹学原理与应用 [M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 1997: 44-45 [Hu Bin, Wang Guanzhong, Qi Yong'an. Principle and Application of Trace Fossil [M]. Xuzhou Jiangsu China University of Mining and Technology Press, 1997: 44-45]
- 冯增昭. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 432-455 [Feng Zengzhao. Sedimentary Petrology [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1993: 432-455]

Study on Sedimentary Facies of the Upper Triassic in Central and South Sichuan Province

SHI Zhen-sheng YANG Wei JIN Hui ZHU Qi-ying LIU Man-cang Guo Chang-ming
(Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development PetroChina Langfang Hebei 065007)

Abstract Based on comprehensive investigation of a lot of coring data, outcrops and well logging data from Upper Triassic in central and south Sichuan Basin, delta facies and lacustrine facies are identified. Depending on the sedimentary environment and sedimentary developing features, the delta facies can be subdivided into three subfacies, namely, delta plain, delta front and predelta, and the lacustrine facies into shore lake subfacies and shallow lake subfacies. The distribution ranges of both facies fluctuated. During the sedimentary period of member 1, member 3, member 5 and member 6 of Xujiache Formation, lacustrine facies predominated, with the water deepening increasingly from east to west. During the sedimentary period of member 2 and member 4 of Xujiache Formation, delta facies predominated and the distribution range of lake was limited. During the sedimentary period of member 2 of Xujiache Formation, because of strong tectonic action of source areas in north, delta spread mainly from north to south. During the sedimentary period of member 4 of Xujiache Formation, tectonic action of source area in south-east enhanced, producing increasingly more deposit which formed delta spreading from south-east to north-west. Along with the fading tectonic action of source areas, depositional area in the region of interest extended. During the early stage, the depositional area was limited to the north of Yin-Luzhou, while during the middle and late stage, the depositional area extended to the south of Yin-Luzhou.

Key words Sichuan Basin, Upper Triassic, delta facies, lake facies