

# 四川盆地上三叠统地震地层划分对比方案

何 鲤

(西南石油地质局地质大队)

应用地震地层学的方法, 提出四川盆地中部和西部上三叠统地震地层划分对比方案。根据这个方案对晚三叠世的成盆结构、相带展布、储集砂体类型和分布有了新的认识, 提出一些油气勘探的新靶区。

四川盆地的上三叠统, 在地震时间剖面上较易识别, 它的顶部和底部都有一个弱振幅区即所谓空白带。内部有几个比较连续可在大范围内追踪的反射波组, 构成标准反射层。这些反射层都控制了一定的反射终止标志, 具有划分地震层序的意义, 它们是 $T_4$ 、 $T_5^3$ 、 $T_5^2$ 、 $T_5^{2'}$ 、 $T_5^1$ 、 $T_6$ 。(图1)。

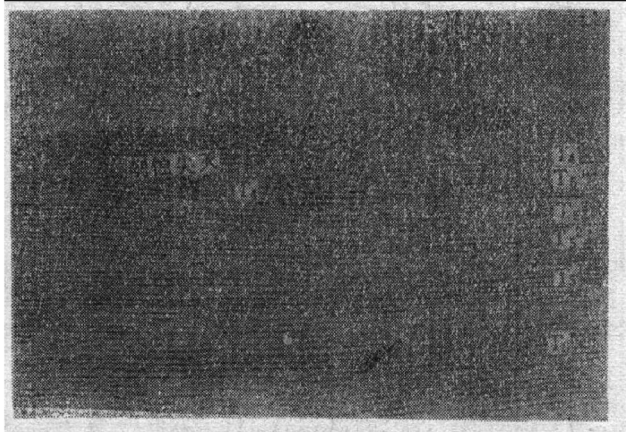


图1 江-S-2水平叠加剖面

## 一、标准反射界面的基本特征及地震地层方案

$T_4$ : 下侏罗统最下部的一个反射波组, 此波组能量较弱、连续性差。以德阳、金堂、江油为界, 其东常以2—3个强弱多变的相位出现, 其西与中侏罗统顶界反射的 $T_4^1$ 标准反射层逐渐靠拢削蚀尖灭。三台附近常见2—3个同相轴上超消失于其上。反映了下侏罗统与上三叠统之间的假整合接触特征。

$T_5^3$ : 上三叠统上部一组能量较强, 可在全区内连续追踪的反射波标准层, 常由2—3个强相位组成, 显示较平行、较连续的反射特征。

$T_5^2$ : 上三叠统中部一组能量较强, 连续性较好的反射波标准层。在梓潼、绵阳、德阳一线以东, 连续性差, 振幅弱甚至难以追踪。

$T_5^{2'}$ : 上三叠统中部一组能量变化较大的反射波标准层。

$T_5^1$ : 上三叠统下部一组能量较强的反射波标准层。其上、下都有一个弱反射带, 很容易识别和追踪。

$T_6$ : 上三叠统底部的一个反射波标准层, 多以2—3个强相位出现, 可在大面积内追踪, 在龙泉山及其以东, 底部界面上多见连续上超的层面终止。在龙门山前的安县、绵

竹、彭县一带底部界面与下伏层多为削蚀、削截接触。其上常见小型的丘形突起。这些丘形突起在平面上呈NE-SW向的条带状分布。

各标准反射界面经关基井与川-S-XXⅣ联井测线所制作的合成记录, 鉴别界面反射的地质属性如图2所示。即:

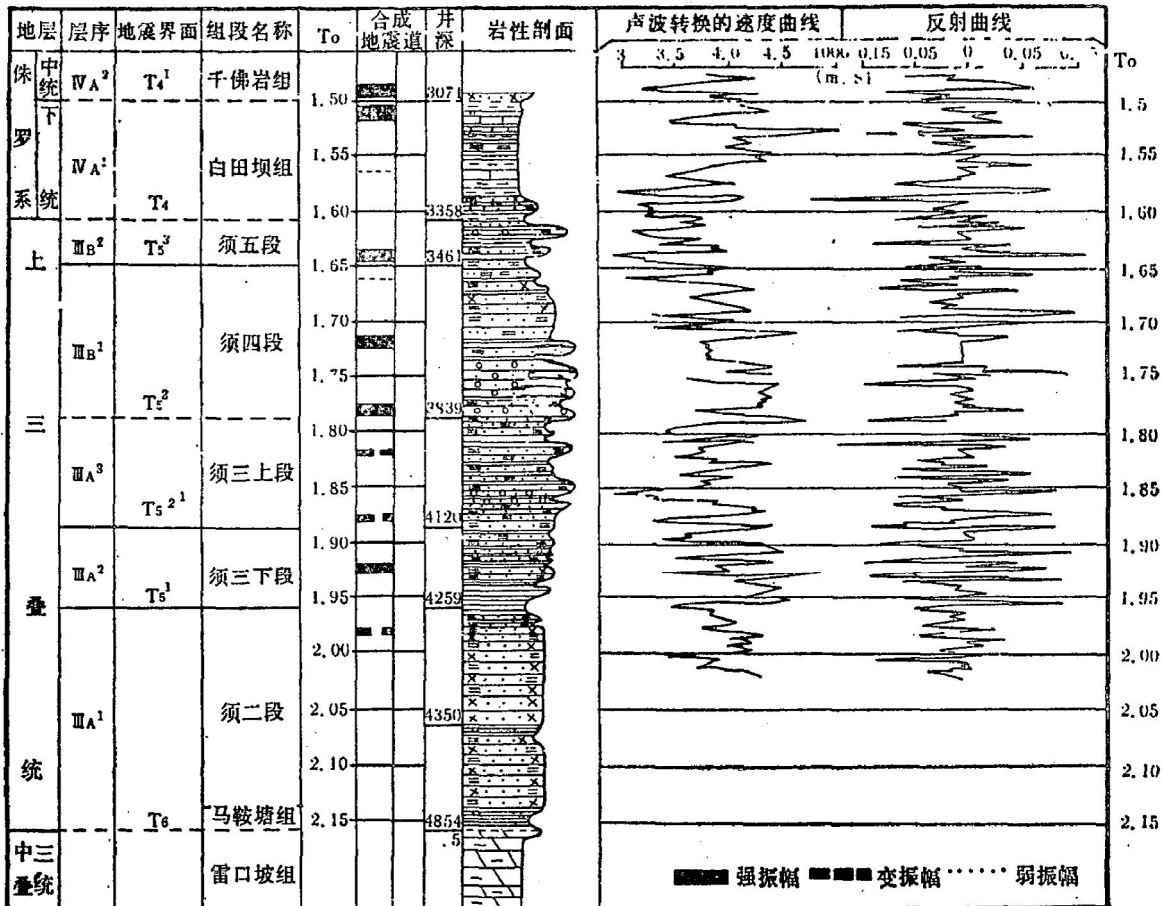


图2 关基井上三叠统岩性、速度、合成地震道对照剖面图

$T_4$ : 下侏罗统白田坝组底界反射。

$T_5^3$ : 上三叠统须家河组五段底界反射。

$T_5^2$ : 上三叠统须家河组四段底界反射。

$T_5^{2'}$ : 上三叠统须家河组须三上段底界反射。

$T_5^1$ : 上三叠统须家河组二段顶界反射。

$T_6$ : 中三叠统雷口坡组顶界反射。

维尔 (Vail) 认为岩层中产生反射的物性界面主要为具有速度-密度差异的层面和不整合面。这两种类型的层面都具有年代意义<sup>[1]</sup>。也就是说通过联络剖面追踪闭合的同一反射波标准层, 则是同时沉积的等时面。因此闭合网内各标准反射界面控制的沉积体也是同时沉积的等时体。

闭合网内的反射界面与各地钻井所揭示的地质层序对应关系如表1所示。据此, 提出盆地内上三叠统划分对比的地震地层方案如表2。

表1

| 关基井       |           | 川-S-X X V 联井剖面 |             |               | 地震界面           | 地质属性  | 川-S-X X W 线 |            |           | 女基井       |           |
|-----------|-----------|----------------|-------------|---------------|----------------|-------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 误差<br>(m) | 井深<br>(m) | 埋深<br>(m)      | V*<br>(m/s) | T. **<br>(ms) |                |       | T.<br>(ms)  | V<br>(m/s) | 埋深<br>(m) | 井深<br>(m) | 误差<br>(m) |
| 2         | 3358      | 3360           | 4117        | 1632          | T <sub>4</sub> | 白田坝组底 | 772         | 4124       | 1592      | 1645      | 53        |
| 17        | 3461      | 3478           | 4111        | 1692          | T <sub>5</sub> | 须四顶   | 927         | 4212       | 1952      | 2016      | 64        |
| 13        | 3839      | 3852           | 4160        | 1852          | T <sub>5</sub> | 须四底   | 992         | 4236       | 2101      | 2081      | 20        |
| 39        | 4350      | 4311           | 4222        | 2042          | T <sub>5</sub> | 须二顶   |             | 缺          | 失         |           |           |
| 21        | 4854      | 4875           | 4310        | 2262          | T <sub>6</sub> | 雷口坡顶  | 1172        | 4296       | 2303      | 2271      | 32        |
|           |           | 缺              | 失           |               | T <sub>4</sub> | 白田坝组底 | 901         | 4100       | 1866      | 1877      | 11        |
| 9.8       | 2740      | 2749.8         | 4162.5      | 1190          | T <sub>5</sub> | 须四顶   | 1071        | 4100       | 2196      | 2218      | 22        |
| 22.3      | 3525      | 3498.8         | 4187.5      | 1640          | T <sub>5</sub> | 须四底   | 1161        | 4100       | 2380      | 2428      | 48        |
| 186       | 4529      | 4715           | 4266        | 2180          | T <sub>5</sub> | 须二顶   |             | 缺          | 失         |           |           |
|           | 未穿        |                |             |               | T <sub>6</sub> | 雷口坡顶  | 1301        | 4100       | 2667      | 2655      | 12        |
| 川95井      |           | 广-14线          |             |               |                |       | 中-S-X ①线    |            |           | 蓬基井       |           |

\*测井速度

\*\*经地形校正后的时间

表2

| 地 层   |     | 地 震 层 序 |                              | 界面             | 四 川 盆 地  |        |     |
|-------|-----|---------|------------------------------|----------------|----------|--------|-----|
| 系     | 统   | 层序      | 亚层序                          |                | 川 西      | 川 中    |     |
| 侏罗系   | 中下统 | IV      |                              | T <sub>4</sub> | 剥 蚀 千佛崖组 | 凉高山组   |     |
|       |     |         |                              | T <sub>4</sub> | 剥 蚀 白田坝组 | 自流井组   |     |
| 三 叠 系 | 上 统 | II B    | II <sub>B</sub> <sup>2</sup> | T <sub>5</sub> | 须 家 河 组  | 须五段    | 香六段 |
|       |     |         | II <sub>B</sub> <sup>1</sup> | T <sub>5</sub> |          | 须四段    | 香五段 |
|       |     |         | II <sub>A</sub> <sup>3</sup> | T <sub>5</sub> |          | 须三段(上) | 香四段 |
|       |     |         | II <sub>A</sub> <sup>2</sup> | T <sub>5</sub> |          | 须三段(下) | 香三段 |
|       |     |         | II <sub>A</sub> <sup>1</sup> | T <sub>5</sub> |          | 须二段    | 香二段 |
|       |     | II A    |                              | T <sub>6</sub> | 小塘子组     | 陆相香一段  |     |
|       |     |         |                              |                | 剥 蚀 马鞍塘组 | 无 沉 积  |     |
|       |     |         |                              |                | 雷口坡组     | 海相香一段  |     |
|       |     |         |                              |                |          |        |     |
|       | 中统  | I       |                              |                |          | 雷口坡组   |     |

根据地震地层方案, 试将盆地西部(安县)和中部(广安桂兴)的上三叠统地层对比如下(图3)。

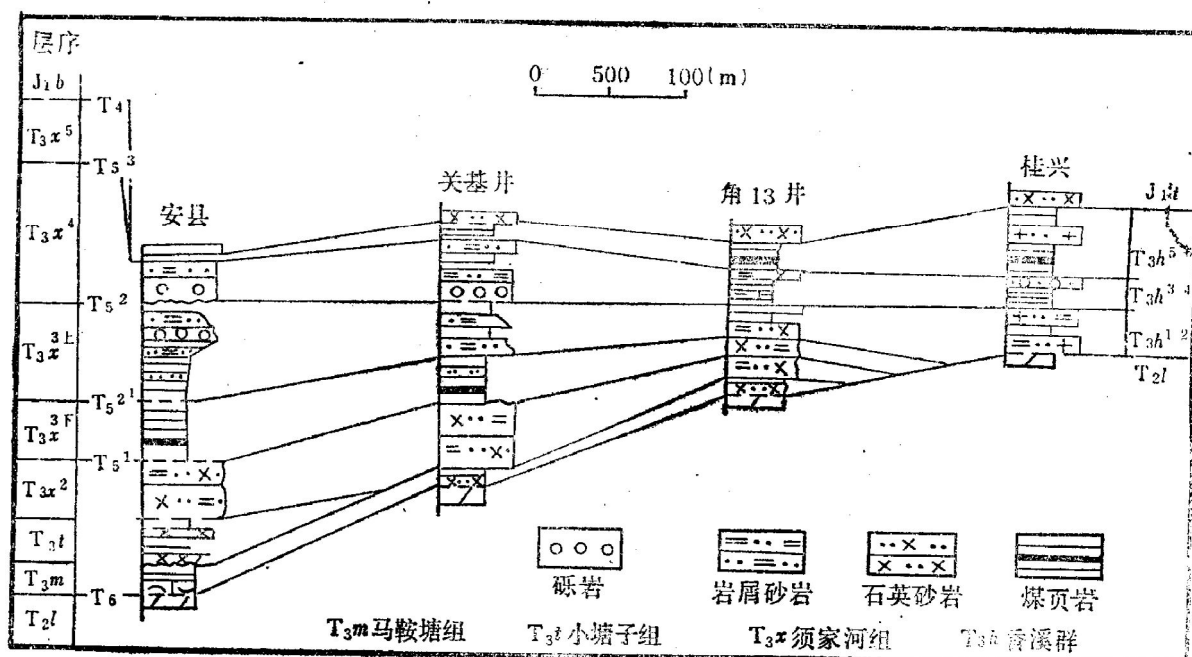


图3 安县—桂兴上三叠统对比示意图

## 二、地震层序及其特征

根据地震波组的层面终止标志, 以地震界面 $T_5^2$ 为界划分出Ⅲ<sub>A</sub>及Ⅲ<sub>B</sub>两个地震层序。又依据地震相的不同, 再分出五个亚层序。

Ⅲ<sub>A</sub>及Ⅲ<sub>B</sub>层序在绵竹、安县一带表现为削蚀、削截的接触关系, 而三台、射洪一带则侧变为整合接触或顶超接触。

Ⅲ<sub>A</sub>层序与其上Ⅳ, 其下Ⅲ<sub>B</sub>层序之间的削蚀、削截接触在龙门山前缘地区也很清楚(图4)。根据维尔(Vail)对反射波之间的四种相互关系(上超、下超、顶超和削截)所作的地震地层学定义, 将上三叠统各种地震反射波组超覆尖灭特征所揭示的沉积间断与晚三叠世沉积时的印支期构造运动界面试作如下对比(表3)。

根据两套不同的层序结构, Ⅲ<sub>A</sub>层序是须下盆的沉积物, Ⅲ<sub>B</sub>层序是须上盆的沉积物。

### (一) Ⅲ<sub>A</sub>层序及地质解释

Ⅲ<sub>A</sub>层序在地震剖面上呈西厚东薄的楔形。沉积时经历了卡尼期的陆缘海湾环境、诺尼期的海陆交互到陆相河湖环境。

1. Ⅲ<sub>A</sub><sup>1</sup>亚层序 底界面上由西向东发育上超、前积再上超的地震反射终止。上

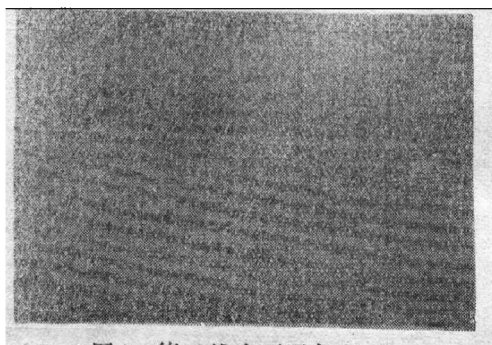


图4 德-6线水平叠加剖面  
(箭头指处为削蚀尖灭点)

表3

| 构造运动 |       | 时代                                   | 运动形式                | 距今<br>(百万年) | 持续<br>(百万年) | 组 段      | 地震层序 | 亚层序             | 层面终止方式 |
|------|-------|--------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|----------|------|-----------------|--------|
| 期    | 幕     |                                      |                     |             |             |          |      |                 |        |
| 印支期  | 晚 幕   | 赫唐期 (J <sub>1</sub> )                | 强烈褶皱、叠瓦状断裂、倒转、角度不整合 | —213        |             | 白田坝组     | Ⅳ    |                 | 削截     |
|      |       | 瑞替期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> )   |                     |             | 6           | 须五段      | ⅢB   | ⅢB <sup>2</sup> | 上超     |
|      | 中(晚)幕 | 中晚诺尼期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> ) | 上升并伴有断裂褶皱及角度不整合     | —219        |             | 须四段      |      | ⅢB <sup>1</sup> | 削截     |
|      |       | 中晚诺尼期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> ) |                     |             |             | 须三段(上)   |      | ⅢA <sup>3</sup> | 上超     |
|      | 中(早)幕 | 早诺尼期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> )  |                     |             | 6           | 须三段(下)   |      | ⅢA <sup>2</sup> | 上超     |
|      |       | 早诺尼期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> )  |                     |             |             | 须二段      | ⅢA   |                 |        |
|      | 早 幕   | 卡尼期 (T <sub>2</sub> <sup>2</sup> )   | 大面积上升               | —225        |             | 小塘子组     |      | ⅢA <sup>1</sup> | 削截     |
|      |       | 拉尼锡丁或克安期 (T <sub>2</sub> )           | 大面积上升、伴有轻微褶皱        | —231        |             | 马鞍塘组     | ⅢA   |                 | 削截     |
|      |       |                                      |                     |             |             | 天井山或雷口坡组 | Ⅱ    |                 |        |

超与前积的交替部位局部为削截接触。顶界面与上覆层整合或顶超接触。内部同相轴平行或亚平行，振幅弱，同相轴连续性差，常呈“空白带”，构成上超披盖的楔状体外形。

这个间断面的地震反射就是层序底界面T<sub>0</sub>。其上连续上超的地震反射，标志了海平面不断上升，沉积终止点不断东移。显然沉积开始于西部，终止于东部，所以西部地区层序齐全东部地区仅存其上部。因此马鞍塘组，小塘子组和须二段向东依次缺失，到川中地区完全尖灭。在上超与前积的交替部位，有早期海相层残留。盐亭角13井的香一段发现 *Ophthalimidium* sp. 及海百茎碎片。遂宁蓬21井发现 cf. *Burmesis* sp.、cf. *Plagiostuma* sp.。这种含海相化石的香一段称“海相香一段”可视为马鞍塘组的同期沉积物。其余地区的香一段称为陆相香一段分别与小塘子组或须二段、须三段对比。

在海平面不断上升中形成的马鞍塘期沉积物多为具有较深水标志的泥页岩，应为陆缘海湾环境。继之海湾不断地被充填，发育了一系列滨岸三角洲或伴生体系，上超之后发育的“前积结构”是充填的标志。再上叠置了一套河道砂为主的泛滥平原沉积体系<sup>[2]</sup>。河道砂体之间的河漫泥层较薄或遭切割，砂层之间波阻抗较小，地震剖面上大片不连续。弱振幅的同相轴构成的“空白带”就是这种类型砂体的地震响应。

2. Ⅲ<sub>A</sub><sup>2</sup>亚层序 层序底界面在东部三台、射洪一带上超消失于T<sub>0</sub>界面上，顶界面在西部与上覆层平行整合。东部顶超接触并有小型前积结构。内部的地震波同相轴多见由东向西的发散结构，构成西厚东薄的楔状体外形。

界面上超标志水面再度上升。在西部发育滨海湖沼沉积体系的大套泥质岩为主夹薄煤层。发散结构是煤系地层由东向西加厚的地震响应。东部的前积结构是湖沼型泥质岩侧变为吉尔伯特型三角洲砂体的地震响应<sup>[3]</sup>所以东部地区以砂岩为主的香二段与西部地区以泥质岩为主夹煤层的须三段对比。

3.  $\text{III}_A^3$  亚层序 顶界面与上覆层在东部和西部地区顶超或削截。底界面上发育连续的底超终止。在江油、梓潼、德阳、金堂一线以西、以北地区构成斜交-S型前积反射结构。以东、以南地区构成S型前积反射结构。两种结构的交接地带同相轴分叉合并频繁, 振幅质换与强弱变化大。

S型前积结构是湖沼型吉尔伯特三角洲的地震响应, 斜交-S型前积反射结构是扇-三角洲的地震响应。两种结构的交替带, 发育较深水的湖沼型沉积物, 同相轴分叉合并及振幅质换是泥页岩侧变为砂岩的地震响应。粗碎屑的扇-三角洲沉积物出现, 预示着印支中幕的构造运动即将来临。

## (二) $\text{II}_B$ 层序及地质解释

$\text{II}_B$  层序与  $\text{II}_A$  层序相反呈东厚西薄的楔状体外形。底界面在安县、三台一线以北, 由东向西发育连续的上超终止。以南, 由西向东发育连续的底超终止。顶界面在西部遭上覆层削截, 东部多整合接触。内部主要由前积与上超两种结构组成。据此再分出两个亚层序。

1.  $\text{II}_B^1$  亚层序 主要发育前积结构, 根据上超和前积的组合方式, 在纵向上可分出1、3、5期为前积反射, 2、4期为上超反射。超尖点在平面上组成一系列叠置的扇形体。通过联井测线的钻井作合成地震记录, 发现前积反射结构与粗碎屑岩段对应, 上超反射结构与泥质岩段对应, 结合区域地质资料并经邻区钻井资料证实, 前积反射系冲积、浊积成因的扇-三角洲沉积体系的地震响应。上超反射系水进的三角洲平原湖沼或三角洲湖沼沉积体系的地震响应。安县—三台一线以北的扇-三角洲叠置在湖沼沉积体系之上, 以南, 叠置在侵蚀间断面之上。

扇形体外地震波组的同相轴分叉合并频繁、连续性差、振幅弱, 应是外扇湖沼沉积物的地质响应。

以砂岩为主的须四段与以泥质岩为主的香三段对比, 就是供屑充足的扇-三角洲沉积体系侧变为湖沼沉积体系的结果。

2.  $\text{II}_B^2$  亚层序 底界面上由东向西发育连续的上超终止, 内部同相轴平行或亚平行组成上超披盖或上超充填的楔状体外形。顶界在西部遭削截。

钻井证实上超充填与上超披盖型反射系水进的湖滨平原或湖沼沉积体系。地震波组的上超型反射开始于东部, 终止于西部。所以东部的层序全而西部不全。于是提出香五、六段与须五段对比的设想。

汇集区内的地震反射终止标志并作地质解释, 提出上三叠统沉积剖面模式图(图5)。

## 结 论

应用地震地层学的观点和解释方法, 从三维空间研究四川盆地晚三叠世沉积体系的纵向叠置和横向侧变, 提出有别于“传统”的地震地层方案。在此基础上, 识别出七种不同的沉积体系(图5)。在纵向上形成三套配置良好的生储盖组合。有利相带内的储集砂体已成为区内的主要勘探目标。

$\text{II}_A$  地震层序(须下盆)的油气富集带位于中坝、盐亭、德阳、彭县、蒲江一线及其以西地带。主要油气储集的砂体类型是地震波组连续上超终止与S型前积带的滨岸砂

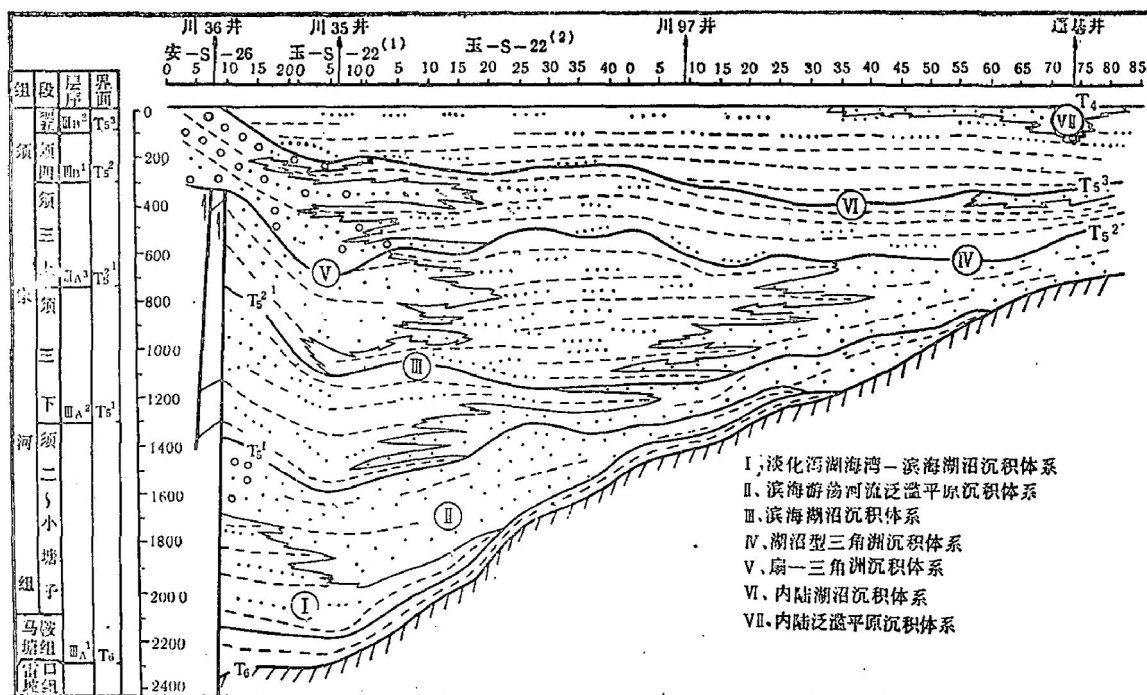


图5 四川盆地上三叠统沉积剖面模式图

(据王胜)

洲、砂坝、三角洲河口坝与叠置河道砂坝的砂体。

Ⅲ<sub>B</sub> 地震层序(须上盆)的油气富集带位于梓潼、绵竹、彭县一线及其以东地带。主要油气储集的砂体类型是斜交与复合斜交型前积分布区的冲积、浊积成因的扇-三角洲网状河道砂坝的砂体。盐亭、三台、中江一带的主要油气储集的砂体类型是S型前积发育带的吉尔伯特型湖成三角洲河口坝砂体。

本课题在研究过程中,二物和我队主要技术负责人王胜、高鹏等同志都亲自参予并多方指导。本文写作过程中承何伟、卿淳绘制图表,徐银英、邓英年清绘插图,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] C.E.佩顿编,1977,地震地层学。牛毓荃、徐怀大等译,1980,石油工业出版社。
- [2] 邓康龄、何 鲤等,1982,石油与天然气地质,第3卷,第3期。
- [3] R.J.韦默著,三角洲和浅海砂岩的沉积构造及石油分布,陈景山译,1982,石油工业出版社。

## SEISMIC-STRATIGRAPHIC DIVISION AND CORRELATION PROJECT OF THE UPPER TRIASSIC SYSTEM IN SICHUAN BASIN

He Li

(Geological Brigade, Southwest Bureau of Petroleum Geology)

### Abstract

A seismic-stratigraphic project concerning the Upper Triassic division and correlation in central and west Sichuan Basin is proposed in this paper according to seismic-stratigraphic method. Based on this project, the author has got a new understanding on basin-formation texture, facies distribution, the type and distribution of reservoir sandbodies in the Late Triassic, and also proposed some new targets for oil and gas prospecting.

### 欢迎订阅1990年《地球科学进展》

《地球科学进展》由国家自然科学基金委员会地球科学部、中国科学院地学情报网、中国科学院兰州文献情报中心联合主办。主要刊登地球科学的学科进展情况,提供天地生综合研究资料、报道边缘学科交叉学科信息;以及高技术在地球科学中的应用;介绍国家自然科学基金项目选题意向,公布基金评审情况,交流基金项目管理经验,宣传基金项目具体内容和研究成果。主要栏目:学科发展与研究;地学与四化建设;基金项目管理与介绍;基金项目成果与应用;新学科、新发展、新考证;学术研究动态;探索与争鸣;国外地学考察散记等栏目。

《地球科学进展》适宜从事地球科学和资源环境科学方面的科技人员、管理人员、图书情报人员,也可供高等院校的有关师生参阅。

《地球科学进展》双月刊,公开发行,每期定价1.65元,全年定价9.90元,需订购的单位和个人请与中国科学院兰州文献情报中心发行组联系。

地址:兰州天水路236号

邮政编码:730000

开户银行:兰州市科技信用社帐号:01—20