

川西—川中上三叠统地层对比及层序特征

田继军¹ 姜在兴² 李熙喆³ 张满郎³

(1.新疆大学地质与勘查工程学院,新疆 乌鲁木齐 830046;2.中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083;
3.中石油勘探开发研究院廊坊分院,河北 廊坊 065007)

摘要:川西上三叠统的须家河组与川中香溪群地层对比问题一直富有争议,而且由于前陆盆地的活动性、不对称性、沉积中心的迁移性等特点让川西—川中地层的划分对比变得更加复杂和困难。本次研究重在借助钻、测井资料的层序地层学分析,并结合露头剖面 and 地震资料,寻找全区可对比的标志性的层序界面,然后根据地层叠置样式、岩性、岩相的变化以及古生物资料等细分出低位、湖侵和高位体系域,在连井剖面层序对比的基础上建立了川西—川中以四级层序为单元的等时层序地层对比格架,提出了合理的须家河组与香溪群地层对比方案。这对盆地范围的岩相古地理重建、沉积体系的展布、有利相带的预测、油气资源评价等的研究都有重要意义。

关键词:上三叠统;须家河组;香溪群;地层对比;层序地层

中图分类号:P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)05-1313-14

1 问题的提出

前陆盆地的活动性、不对称性、沉积中心的迁移性等特点让地层的划分对比变得十分复杂和困难^[1-4],在川西—川中地区发育的龙门山前陆盆地上三叠统岩石地层单位又一直存在“须家河组”和“香溪群”两种名称,且二者的关系长期以来得不到统一的认识,使得这一地区的地层对比更加富有争议性(图 1)^[5-9]。

上三叠统须家河组曾称广元煤系、须家河系,分布于川西北一带,命名地点在四川广元县城北工农镇须家河村,为一套煤系地层,以灰色石英砂岩、长石石英砂岩、厚层砂岩、薄层砂岩及粉砂岩为主,夹泥岩、煤层及透镜状菱铁矿层,厚约 600 m。上部含植物化石 *Clathropteris meniscioides*, *Cladophlebis raciborskii*, *Dictyophyllum nathorsti*, *Goeppertella kwangyuangensis*, *Anomozamites loczyi*, *Anthrophyopsis leeiana*, *Neocalamites carreri* 等,均系晚三叠世诺利期至瑞替期植物群的重要分子;下部含诺利期双壳类化石 *Nuculana yunnanensis*, *Myophoriopsis* cf. *latorsata*, *Pteria krumbecki*,

Yunnanophorus baulei, *Modiolus furgii*, *Myophoria subvesita seporata* 及 *Burmesia lirata* 等。根据须家河组的露头及钻测井资料、沉积厚度、岩石组合特征,将须家河组划分为须一段至须五段 5 个岩性段,其中须一段为一套完全不同于须二段至须五段的海相或海陆交互相地层组合,被命名为小塘子组。

上三叠统香溪群曾称香溪煤系,分布于川中、鄂西地区。命名地点在湖北西部秭归附近的香溪剖面。岩性为灰色砂岩、黑色页岩、绿色砂岩、页岩夹煤层。垂向剖面上,砂岩与泥岩常组成以砂岩为主的不等厚韵律层,根据香溪群的露头及钻测井资料、沉积厚度、岩石组合特征,将香溪群划分为香一段至香六段 6 个岩性段。

湖北秭归“香溪群”在 20 世纪 70 年代已被“肢解”为两个岩石地层单位,湖北秭归“香溪群”已被废除,而四川盆地“香溪群”一直沿用至今。针对香溪群与须家河组的对比关系,许多专家和学者从不同的角度进行解释对比,目前大致有 2 种对比方案^[6-9],第一种方案是香一段到香五段各自对应须一段到须

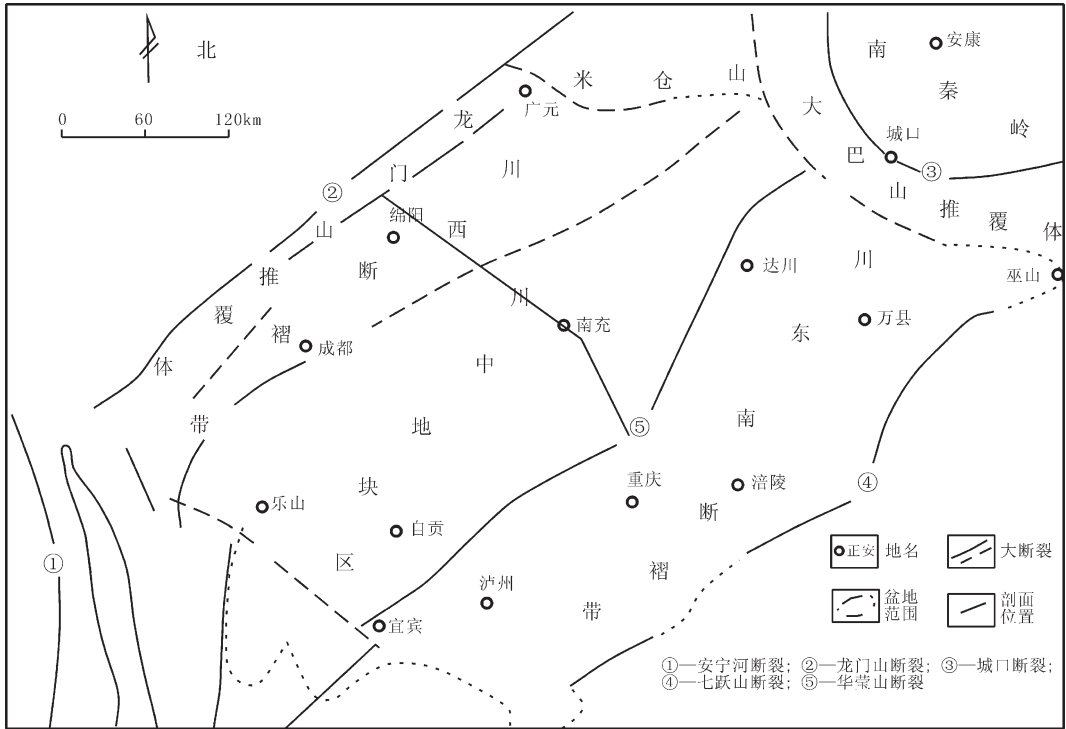


图1 川西—川中地区构造分区图

Fig.1 Tectonic divisions of western Sichuan-central Sichuan area

五段的简单对应方法,认为香六段在川西地区剥蚀,这样的结果是在须二段、须四段沉积时将是满盆砂,不利于相带预测;第二种方案是以罗启后等在20世纪90年代提出的香溪群与须家河组的对比关系为代表^[10](表1),川中的香一段对应川西的须一段到须三段,香二段、香三段对应须四段,香四段、香五段、香六段对应须五段,但这一方案在油田实际操作中存在较大的困难,目前应用也较少。

川西—川中上三叠统香溪群与须家河组各组段

之间究竟是何种关系?这不仅影响到盆地范围的岩相古地理重建、沉积体系的展布及有利相带的预测,而且也制约了盆地油气运聚规律与气资源的评价的研究。为此,学者们应用层序地层学的观点对这一地区的地层进行对比研究,如何鲤等^[8]根据川西大邑地区的地震勘探和钻探工作成果提出了川西坳陷的北、中、南段的地层对比方案;刘金华等^[7]从安县构造运动的角度提出了对冲式的前陆盆地层序地层划分方案;张健等^[9]通过岩石地层、地震地层、事件地

表1 川西—川中地区香溪群与须家河组对比关系^[10]

Table 1 Stratigraphic correlation between Xiangxi Group and Xujiahe Formation in western Sichuan-central Sichuan area

井层位	雾中山 大兴场	汉3井	关基井	中46井	龙1井	川鸭91	角13井	蓬基井	磨24井	女基井
上三叠统	香六段	香六段				须五段		香六段	香六段	香六段
	香五段	香五段	须五上段				香五段	香五段	香五段	香五段
	香四段	香四段	须五下段			须四段	香四段	香四段	香四段	
	香三段	香三段	须四上段				香三段	香三段	香三段	
	香二段	香二段	须四下段				香二段	香二段	香二段	
				须三段		须三段	须三段			
		香一段		须二段	须三段	须二段	须二段			
	香一段	须一段	须二段~ 须一段	须一段	须一段	香一段	香一段		香一段	

层及高分辨率旋回地层等多种方法讨论了须家河组与香溪群各岩性段的对比关系等等。上述研究为本文提供了大量的素材和资料。

笔者及其科研团队近年来对川西—川中地区晚三叠世地层、沉积等进行了详细的研究,本次研究重在借助钻井、测井资料的层序地层学分析,并结合露头剖面 and 地震资料,寻找全区可对比的标志性的层序界面,对长期争论不休的川西—川中地区上三叠统须家河组和香溪群地层的划分与对比问题进行分析。然后通过地层等厚图、砂地比等值线图、砂岩厚度图以及沉积相图的编制,对划分方案的合理性进行判断,为下一步盆地范围的岩相古地理重建、沉积体系的展布、有利相带的预测、油气资源评价等提供了依据。

2 层序界面特征及识别标志

川西—川中上三叠统地层划分对比是以不整合面及沉积旋回为依据的,同时考虑沉积物岩性、颜色、沉积序列的叠置样式以及测井、地震资料所反映的其他沉积特征对沉积层序进行划分和对比。根据识别的层序界面可将川西—川中上三叠统划分为 4 个三级层序,每个层序发育低位、湖侵和高位体系域。低位体系域主要为砂砾岩、砂岩组成的冲积—河流沉积;湖侵体系域主要为泥岩或砂岩组成的湖泊—三角洲沉积;高位体系域主要为砂泥薄互层、煤层组成的三角洲沉积。

由于印支期后构造抬升作用,导致川西北部分地区缺失层序Ⅳ及部分层序Ⅲ地层,川西—川中过渡带 4 个层序发育完全,川中地区由于乐山—龙女寺古隆起的影响,导致层序Ⅰ、层序Ⅱ发育不全。该层序划分方案可在全盆地的露头剖面和钻井剖面间进行良好的对比。

2.1 层序Ⅰ底界面特征

川西—川中上三叠统底界的认识是统一的,即将上三叠统的底界置于雷口坡组的顶部。层序Ⅰ底界面为一区域性海退面,须一段及香一段海陆交互碎屑岩沉积直接覆盖在雷口坡组海相碳酸盐之上。如川西广元露头剖面上,须一段下伏中三叠统雷口坡组白云岩顶部具有风化、淋滤等暴露标志(图 2)。

在钻井、测井资料上,层序Ⅰ的底界面主要表现为电测曲线形态和数值的突变。界面上下的 GR 曲线为突变接触。以关基井为例,界面之下的 GR 值

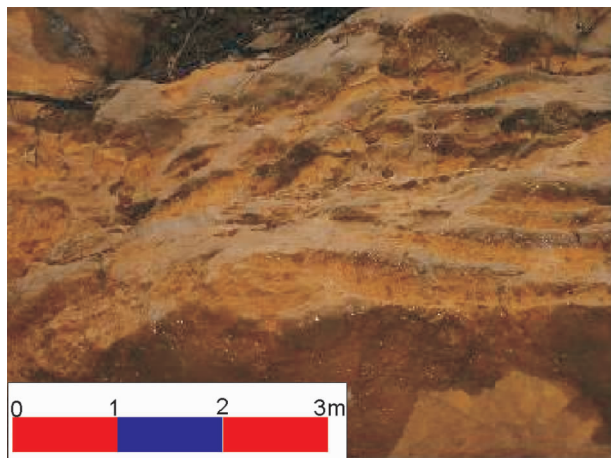


图 2 广元层序Ⅰ底界面之下白云岩淋滤现象

Fig.2 Dolomite leaching at the bottom of SQI in Guangyuan

较低,曲线形态呈箱形;而界面之上 GR 值较高,曲线形态呈齿化钟形(图 3)。

2.2 层序Ⅱ底界面特征

盆地不同部位层序Ⅱ底界面表现特征明显不同,在盆地边缘表现为构造不整合面,在盆地内部表现为河道的冲刷接触面,这与 Vail 的层序地层学观点相吻合^[11-12]。

盆地边缘层序Ⅱ底界面广泛发育构造不整合面(图 4),此界面标志着四川盆地由早期的周缘前陆盆地阶段转入中期类前陆盆地阶段的构造演化史,同时这一界面上下前陆盆地沉积环境也由海陆过渡相转变成了陆相。

在盆地内部,层序Ⅱ底界面表现为冲刷接触关系^[13]。如磨 58 井层序Ⅱ底界面附近,岩心观察常见大量冲刷形成的泥砾(图 4)。在钻井、测井资料上,层序Ⅱ的底界面则表现为测井曲线形态和数值的突然变化。在层序界面之下,GR 值较高;而界面之上,GR 值较低。以磨 58 井为例(图 5),层序Ⅱ底界面之下 GR 曲线为高值的齿化箱形,而界面之上则呈低值的齿化箱形,这反映层序Ⅱ底界面为一湖退进积式突变面。

由于川中部分地区缺失香一段沉积,香二段碎屑岩直接覆盖在中三叠统雷口坡组微、泥晶白云质灰岩、白云岩上,而在川西地层发育齐全,且沉积地层厚度大,这种现象在地震反射剖面上可清晰识别出层序Ⅱ在川中隆起带附近迅速上超的反射终止

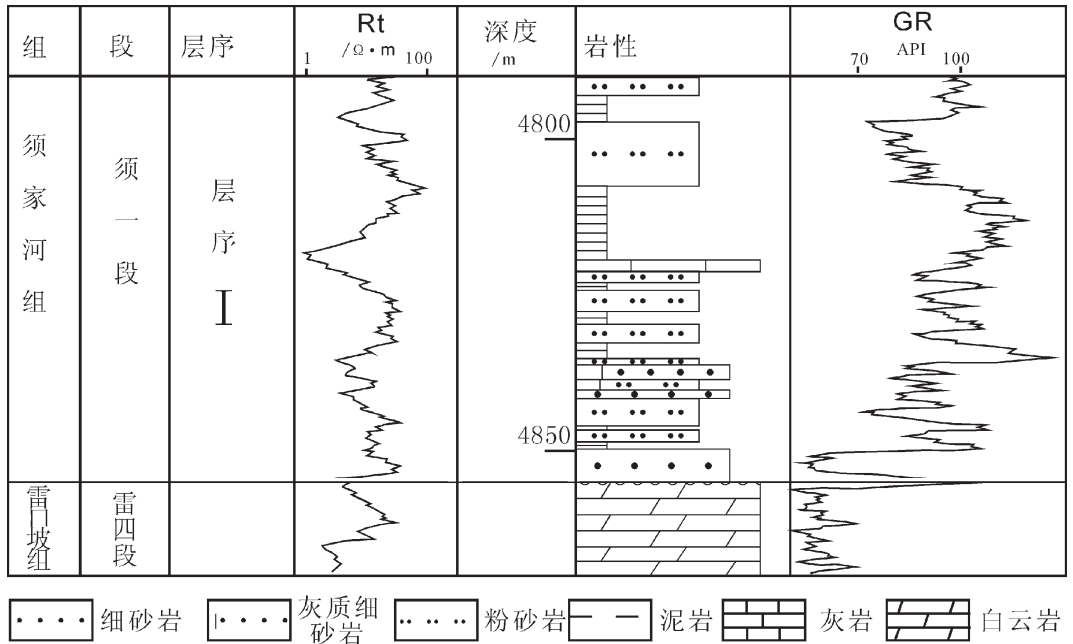


图3 关基井层序 I 底界面特征

Fig.3 Sequence boundary characteristics of SQI in Well Guanjijing

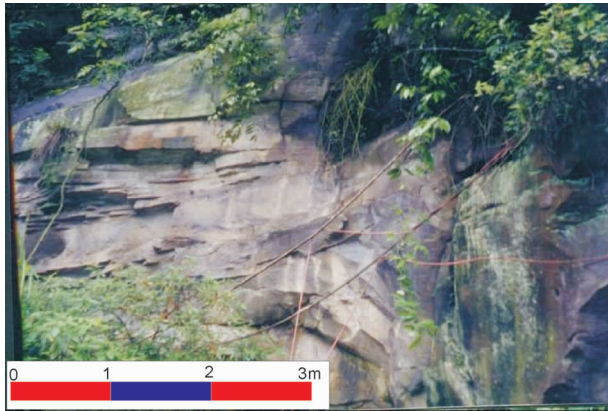


图4 南江层序 II 底部小角度不整合面

Fig.4 Small angle unconformity at the bottom of SQII in Nanjiang

现象(图6)。

2.3 层序 III 底界面特征

层序 III 底界面特征主要表现为两个方面特征：
 ①层序 III 与层序 II 之间呈角度或微角度不整合接触(图7),此为“安县运动”的产物,在前人关于沉积盆地演化史研究中^[14],通常将此界线作为区域上划分须家河早期(须下盆)和须家河晚期(须上盆)两个

成盆期的重要依据;②沉积相类型发生突变,界面之下为较深水的沉积相,而界面之上则为较浅水的沉积相。层序 III 的底界面下部岩性为灰色、灰黑色泥岩与钙质粉砂岩互层,反映了浅湖沉积环境;而界面之上则由板状、楔状交错层理中粗粒砂岩组成,反映了三角洲平原、前缘的沉积环境。

2.4 层序 IV 底界面特征

层序 IV 的底界面上下的岩性、电性不仅存在差异,而且还存在河道冲刷现象。如石冠寺野外剖面,界面之上发育厚层底砾岩,之间表现为冲刷接触关系。

层序 IV 的底界面在钻井、测井资料上的表现特征与其他层序界面基本相似：①地层叠置样式不同(图8);②电测曲线数值发生突变,界面之下,自然伽马曲线为锯齿状漏斗型,而界面之上的形态则为钟形(图8)。

2.5 层序 IV 顶界面特征

川西—川中上三叠统顶界的认识也是比较一致的,即将上三叠统的顶界置于白田坝组(或自流井组)的底。在露头剖面上,川西地区层序界面上下为不整合接触关系,或为假整合接触关系,界面之上被白田坝组底砾岩直接覆盖,川西部分地区缺失须五

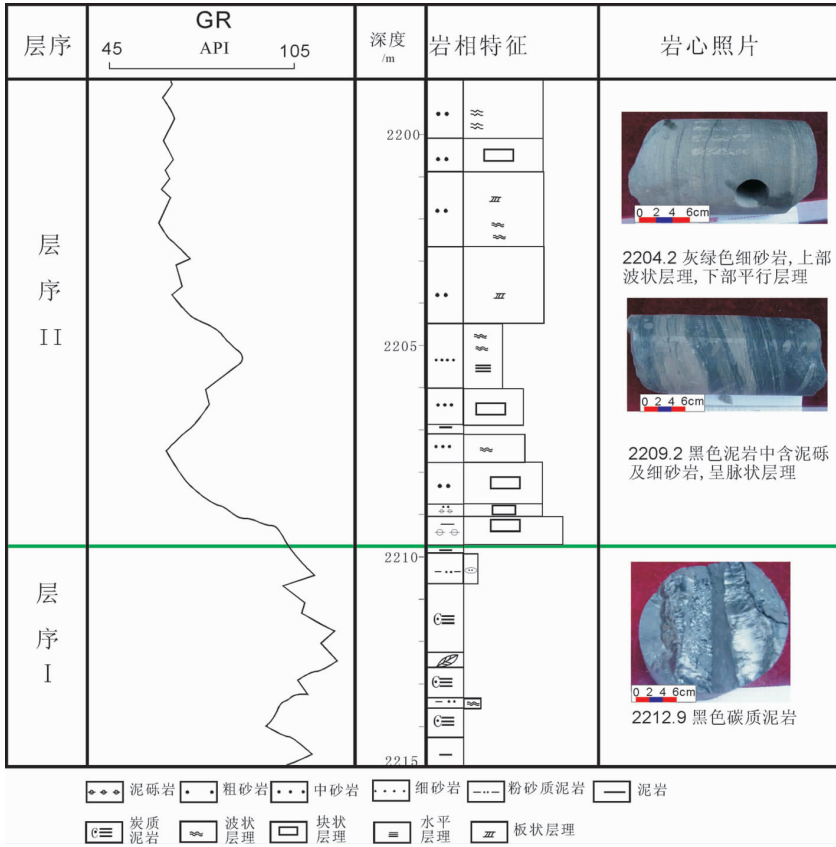


图 5 磨 58 井层序 II 的底界面特征

Fig.5 Sequence boundary characteristics of SQII in Well Mo58

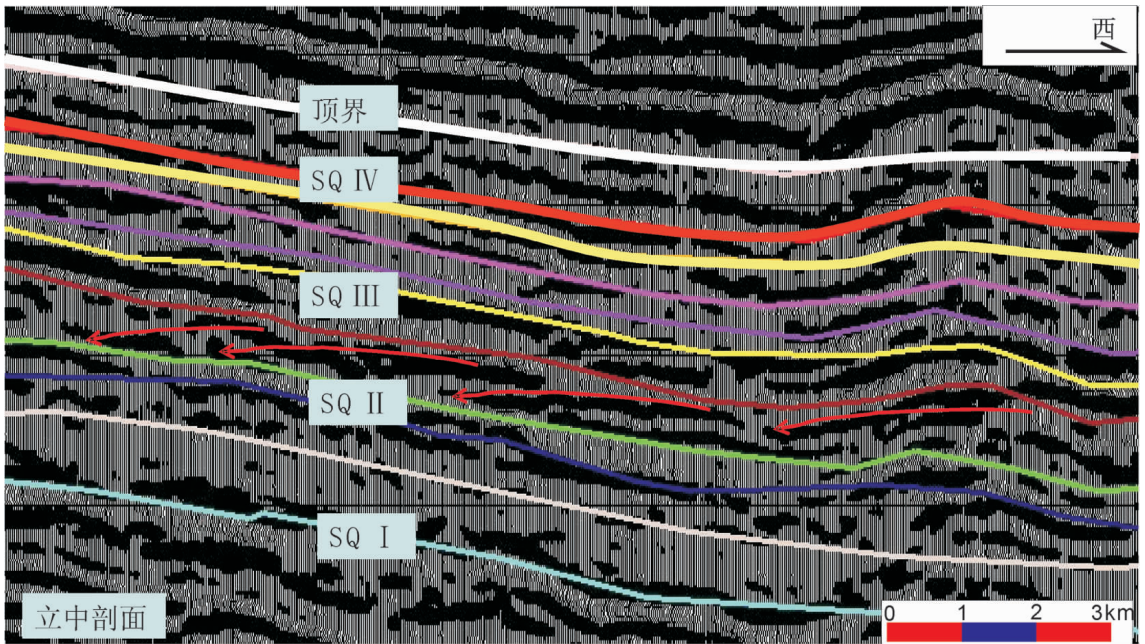


图 6 川中地区层序 II 地震上超反射特征

Fig.6 Seismic onlap characteristics of SQII in central Sichuan

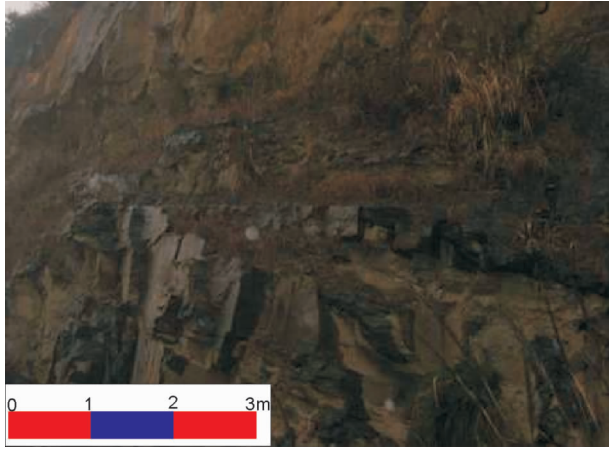


图 7 广元剖面层序 III 角度不整合面

Fig.7 Angular unconformity at the bottom of SQ III in Guangyuan

上段,界面不平整,局部地区地层呈低角度构造不整合接触关系。

川中地区层序 IV 与上覆下侏罗统自流井组珍珠冲段为不整合接触关系,界面上下的岩性、岩相和颜色发生突变。如磨 58 井,界面之下为潮湿湖相环境的

三角洲前缘沉积,而界面之上为干旱的湖盆环境,界面上下气候环境发生突变,界面上下颜色发生突变的特征是识别这一地区层序 IV 顶界面最直接的标志。

3 层序地层格架

本次研究通过川西—川中地区 45 口井的岩心描述、层序地层划分及沉积相分析,8 条野外露头地质剖面的观察,10 条连井层序地层对比剖面的编制,5 条地震大剖面的解释与界面标定(图 9),对全区 245 口井的钻测井资料进行了层序界面的识别,并根据地层叠置样式、岩性、岩相的变化以及古生物资料等细分出低位、湖侵和高位体系域,在连井剖面层序对比的基础上建立了川西—川中以四级层序为单元的等时层序地层对比格架。

3.1 初次湖泛面的识别

初次湖泛面主要识别特征有:①上下地层岩性、岩相和沉积相类型明显不同。初次湖泛面界面之下主要为浅灰色中砂岩或粗砂岩,为三角洲前缘或平原河道沉积环境。而界面之上则主要为灰黑色、灰色泥岩,为三角洲前缘或湖相沉积环境。如广元工农镇

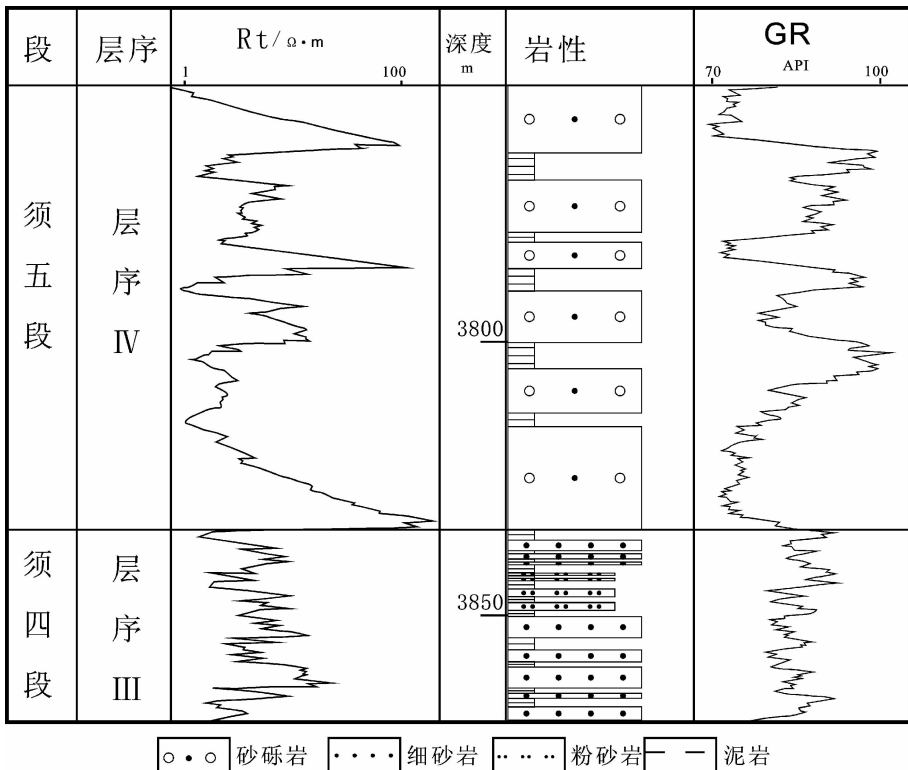


图 8 关基井层序 IV 的底界面特征

Fig.8 Sequence boundary characteristics of SQ IV in Well Guangjijing

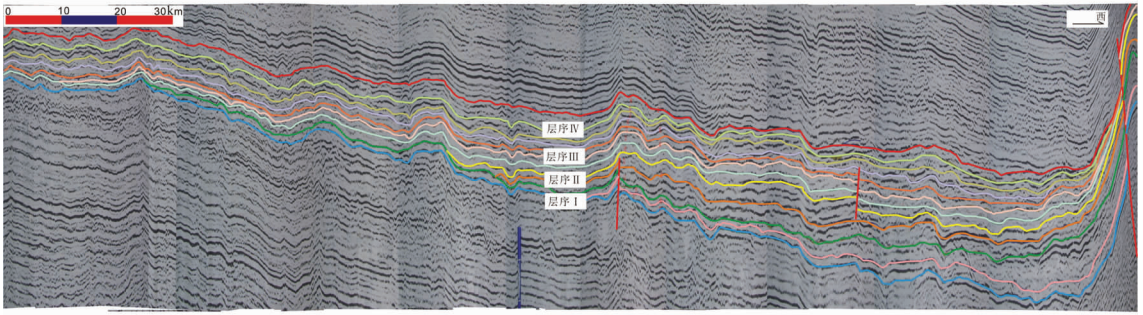


图 9 立中剖面地震解释(剖面位置见图 1)

Fig.9 Seismic interpretation of Lizhong profile(see Fig. 1 for correlation profile location)

剖面, 初次湖泛面之下主要由三角洲平原分支河道的大型板状、槽状交错层理砂岩组成, 而界面之上则为灰黑色、黑色泥岩、泥页岩, 中间夹有薄层砂岩和煤线, 反映了三角洲前缘河道间湾沉积为浅湖—半深湖相环境, 表明了沉积水体的加深。②初次湖泛面界面上下古生物类型和生物扰动程度不同。界面之下以居住迹为主, 生物扰动程度较弱, 扰动指数为 1~2; 而界面之上则由进食迹为主, 含有少量居住迹。相对于低位体系域, 湖侵体系域的生物扰动程度明

显增强, 遗迹化石个体明显变小, 同样也表明了沉积水深的增加。③地层叠置样式存在明显差异。在川西—川中地区的各个沉积层序中, 初次湖泛面之下的低位体系域主要呈加积到弱进积式地层叠置样式, 而界面之上的湖侵体系域则呈退积式。如磨溪地区磨 58 井, 层序 III 低位体系域的自然伽马曲线为低值的齿化指形, 而湖侵体系域的自然伽马曲线值明显增高, 形态为钟形(图 10)。此外, 首次湖泛面的主要特征还有局部分布的煤层, 这与最大湖泛面的特

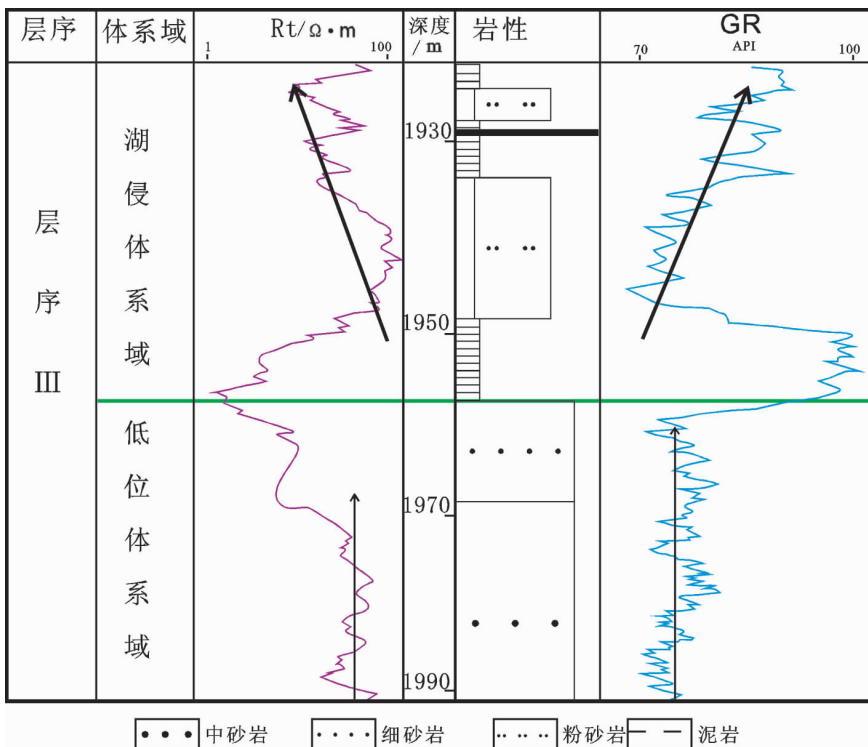


图 10 磨 58 井层序 III 初次湖泛面特征

Fig.10 First flooding surface characteristics of SQ III in Well Mo58

征有所不同。

3.2 最大湖泛面的识别

最大湖泛面主要是通过以下 3 个方面特征来识别:①上下地层叠置样式明显不同。界面之上主要为进积式,在自然伽马曲线上呈漏斗状;而界面之下则为退积式,自然伽马曲线形态为钟形(图 11)。②湖侵体系域顶部存在一薄层凝缩层沉积,代表了最大湖泛时期的沉积产物。如川中地区层序 II 的湖侵体系域顶部发育一薄层似层状淡水灰岩,代表了水体最深、湖平面达到最大位置处的沉积产物。③湖侵体系域顶部发育有薄层炭质泥岩,反映了最大湖泛面时期沉积水体分布范围较大、沼泽沉积环境分布较广的沉积特点。如川中地区层序 IV 湖侵体系域顶部发育有颜色较深的炭质泥岩,代表了最大湖泛面时期的沉积。

3.3 地层对比关系

通过对地震、钻井、测井、露头、岩心及古生物资料进行综合研究,建立了川西—川中上三叠统以四级层序为单元的等时层序地层对比格架,明确了香

溪群与须家河组的对比关系,提出了上三叠统地层的对比方案(图 12)。对比结果显示:上三叠统底界与原须家河底界、香溪群底界一致,川西须一段相当于川中香一段与香二下段,川西须二段相当于川中香二上段,川西须三段相当于川中香三段,川西须四段与须五下段相当于川中香四段,川西须五上段相当于川中香五段、香六段。上三叠统顶界变动,主要根据顶界之上出现杂色泥岩的特征相应调整顶界面的位置(图 13)。

4 层序地层特征

4.1 层序 I 地层特征

层序 I 下部岩性为介壳灰岩及鲕粒,中部为中厚层状泥岩夹薄层炭质泥岩、薄煤层、煤线、粉细砂岩及泥质粉砂岩,上部为厚层砂岩夹薄层页岩、灰质砂岩及煤层。层序 I 具有粗—细—粗的旋回特征。层序 I 可划分为 3 个体系域,其中低位体系域由三角洲前缘和海湾相泥岩组成,具有向上变细的特征。湖侵体系域反映明显的退积特征,高位体系域为三角洲

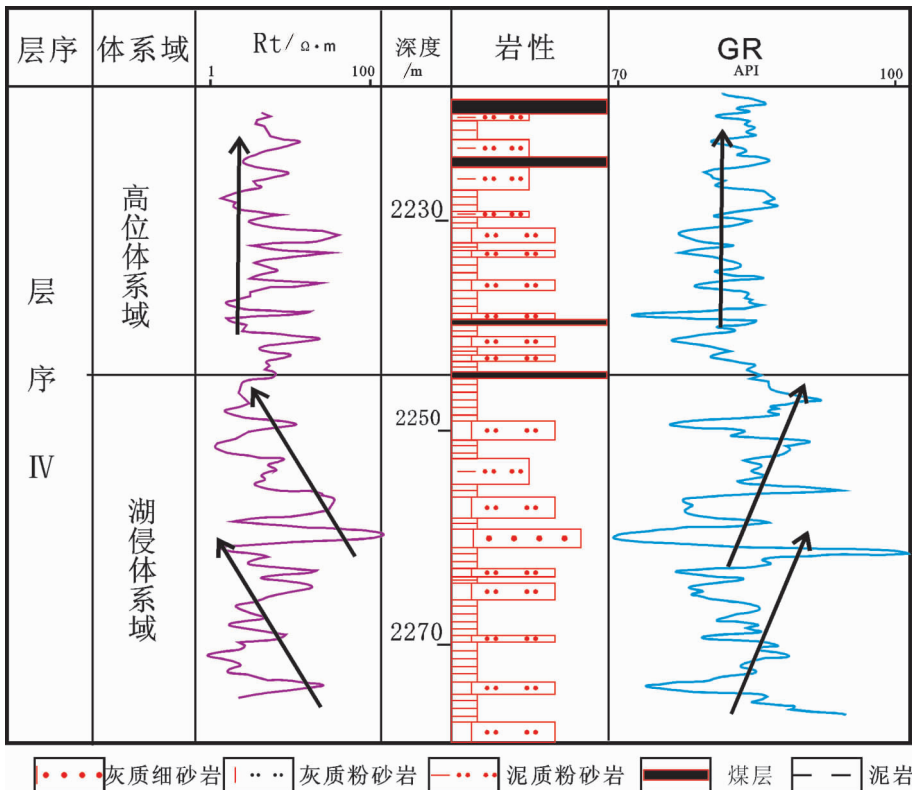


图 11 西 13-1 井层序 IV 最大湖泛面特征

Fig.11 Maximal flooding surface characteristics of SQIV in Well Xi13-1

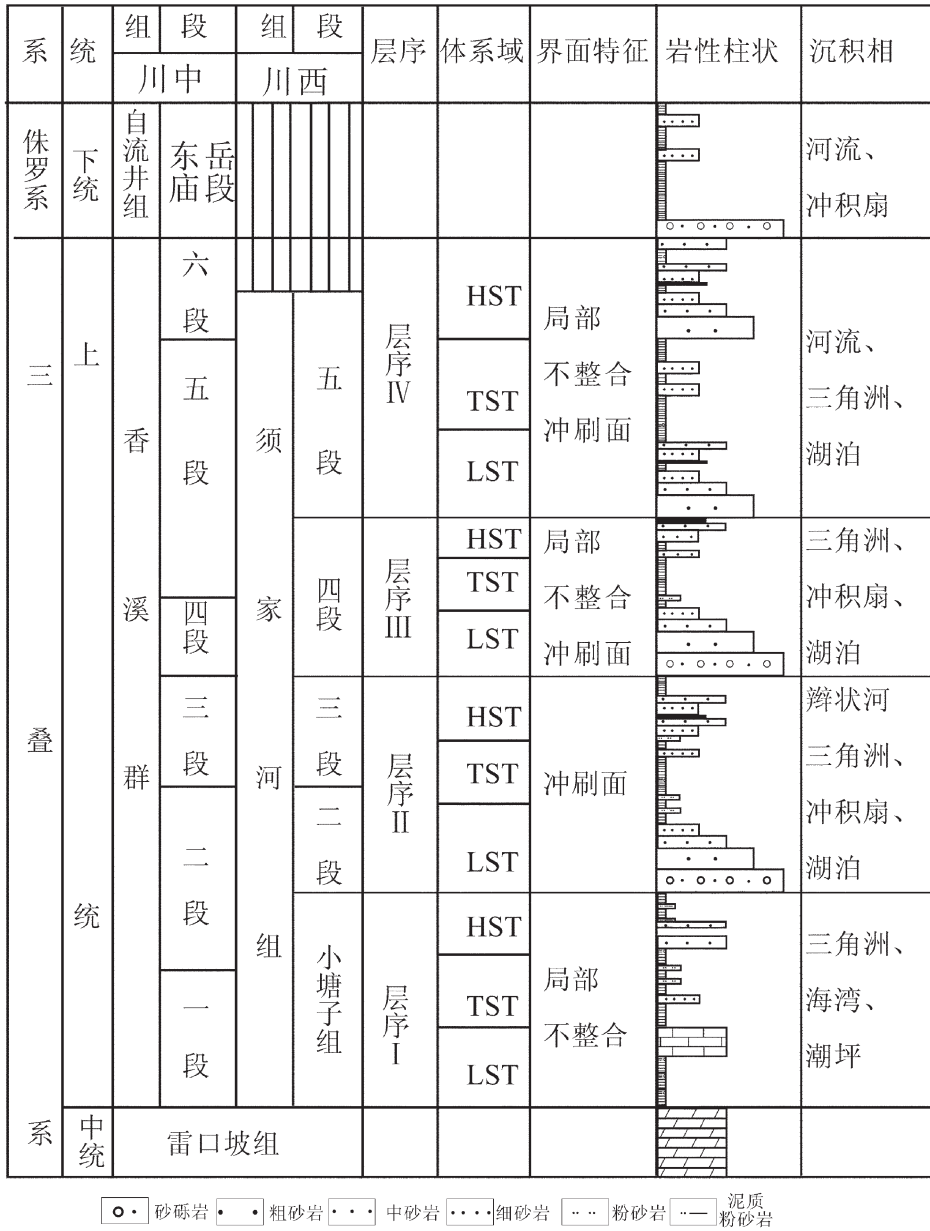


图 12 川西—川中上三叠统地层划分对比与层序划分方案

Fig.12 Stratigraphic correlation and division scheme of Upper Triassic in western Sichuan-central Sichuan area

平原和前缘形成的 3 个进积、加积、退积式准层序组。川西—川中地区内层序 I 的地层厚度为 50~770 m, 由于乐山—龙女寺古隆起的影响, 研究区南部及中部磨溪地区地层薄, 厚度约为 100 m, 层序 I 的低位和湖侵体系不发育, 仅发育高位体系域, 而在川西让水 1 井区, 厚度可达 700 m, 是当时的沉积中心^[9]。

4.2 层序 II 地层特征

层序 II 下部岩性为厚层砂岩夹薄层泥岩、灰质

泥岩, 中部为厚层泥岩、砂质泥岩夹薄层砂岩和灰质砂岩, 上部为厚层砂岩夹薄层泥岩、灰质泥岩, 层序 II 也具有粗—细—粗的旋回特征, 可划分为 3 个体系域: 其中低位体系域主要为曲流河、三角洲平原分流河道及三角洲前缘水下分流河道沉积, 具有向上变细的特征。湖侵体系域反映明显的退积特征; 主要发育浅湖—半深湖环境; 高位体系域为三角洲平原和前缘形成的三个进积、加积、退积式准层序组。层序

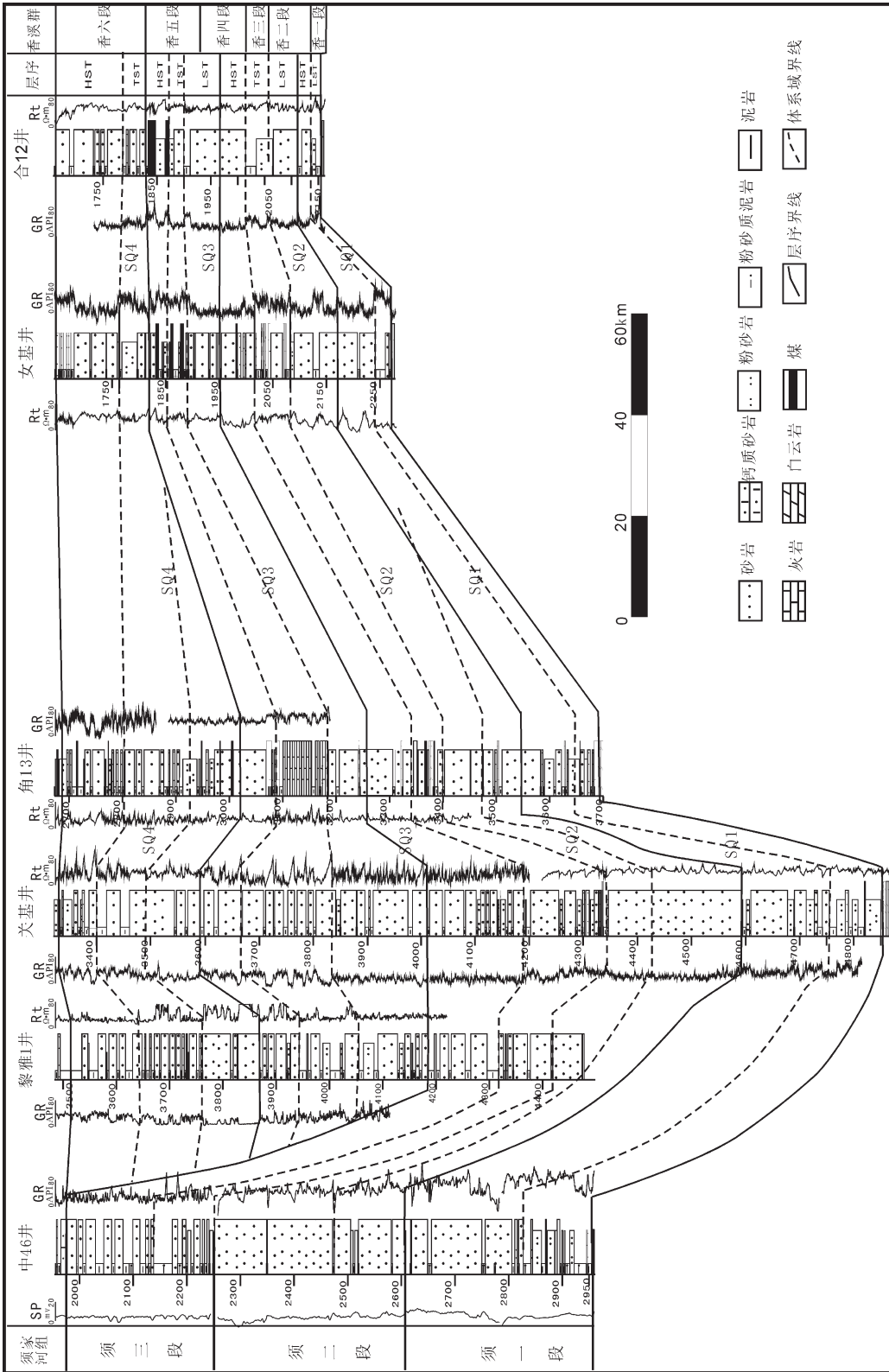


图 13 川西—川中地区上三叠统香溪群与须家河的对对应关系

Fig.13 Stratigraphic relationship between Xiangxi Group and Xujiaba Formation in western Sichuan-central Sichuan area

II 的地层厚度为 150~750 m,川西厚,川中薄,沉积中心在川西让水 1-隆丰 1 井一带,厚度可达 750 m,川中厚度约 150 m,3 个体系域横向展布稳定,乐山—龙女寺古隆起仅影响到川中的部分地区,造成层序 II 低位体系域的部分缺失。

4.3 层序 III 地层特征

层序 III 下部岩性为厚层砂岩夹薄层泥岩、灰质泥岩,中部为厚层泥岩夹砂质泥岩、薄层砂岩、灰质砂岩、薄煤层和煤线,上部为砂岩与泥岩薄互层,层序 III 具有正粒序特征。可划分为 3 个体系域:其中低位体系域主要为曲流河、三角洲平原分流河道及三角洲前缘水下分流河道沉积,具有向上变细的沉积特征;湖侵体系域反映明显的退积特征,主要发育浅湖—半深湖环境;高位体系域为三角洲平原、湖沼环境,呈加积特征。层序 III 的地层厚度为 120~860 m,川西厚,川中薄,沉积中心在川西隆丰 1 井一带,厚度可达 860 m,川中厚度约 120 m,3 个体系域横向展布稳定,印支期后的剥蚀影响到川西北层序 III 的上部,造成高位体系域部分甚至全部缺失。

4.4 层序 IV 地层特征

层序 IV 下部岩性为砂岩与泥岩薄互层,中部为厚层泥岩夹砂质泥岩、薄层砂岩、灰质砂岩和煤线,上部为厚层砂岩夹薄层泥岩,层序 IV 具有逆粒序特征。可划分为 3 个体系域,其中低位体系域主要表现为三角洲平原、湖沼环境,呈加积特征;湖侵体系域反映明显的退积特征,主要发育浅湖—半深湖环境;高位体系域为三角洲平原环境,呈进积特征。层序 IV 的地层厚度为 200~600 m,川西厚,川中薄,沉积中心在川西隆丰 1 井一带,厚度可达 600 m,川中厚度约 200 m,3 个体系域横向展布稳定,印支期后的剥蚀影响到川西北地区,造成层序 IV 高位和湖侵体系域缺失,甚至整个层序 IV 缺失。

5 层序充填模式

川西—川中上三叠统地层的形成和演化受控于西北缘北东向的龙门山和东北缘北西向的米仓山—大巴山两大逆冲推覆带,具有两期前陆叠加的性质。非同步的龙门山和米仓山—大巴山两造山带强烈隆升剥蚀,并向盆内方向呈叠瓦状冲断推覆,在前渊带发生剧烈沉降和快速堆积,前渊带陷具有平行两逆冲推覆带的“厂”字型展布外貌为特征,构造运动对盆地所造成的沉积地形上的差异以及物质供给来源

的变化控制了川西—川中地区层序和沉积充填模式^[16](图 14~15)。

层序 I、II 时期,是龙门山前陆盆地形成和演化的阶段。层序 I 末期龙门山处于构造活动阶段,盆地迅速沉降,在黎雅 1 井、关 6 井等井区出现龙门山前陆的前渊带。在冲断带前缘出现粗粒沉积,向盆地中心变为细粒沉积,辫状河由造山带向盆地推进,呈现辫状河、辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和湖泊沉积的楔状互层(图 14)。层序 III 初期,龙门山造山带进一步向东推进和抬高,在冲断带—前渊带发育冲积扇沉积,层序 III 晚期龙门山前陆盆地出现应力松弛挠曲回弹,至层序 IV 时期盆地不对称性逐渐消失^[17-19]。

层序 III、IV 是米仓山—大巴山前陆盆地形成和演化的阶段,米仓山—大巴山前陆盆地在层序 III 初期已经进入强烈构造隆升状态,并控制了盆地形成演化和沉积格局形成。在米仓山—大巴山前缘的南江、万源和宣汉等地,须二段和须三段都很薄,一般为 100~200 m,而须四段沉积相对较厚,并发育有一系列大小不一的冲积扇,砾石组分主要为来自秦岭构造带古老基底的石英岩、浅变质岩和火成岩,这充分说明晚三叠世晚期米仓山—大巴山前缘地区已卷入逆冲推覆作用的造山带,并提供盆地东北部沉积的物源。米仓山—大巴山前陆盆地具有不同于龙门山前陆盆地的特征。在地层厚度分布特征上,米仓山—大巴山前缘并没有象龙门山前缘一样形成明显的沉积中心;而相反,在龙门山前的隆丰 1 井区仍然为沉积厚度最大地区。因此层序 III 期正好是四川盆地由龙门山逆冲推覆作用控制向米仓山—大巴山逆冲推覆作用控制的转型期。层序 III 初期,米仓山—大巴山冲断带前渊带出现粗粒沉积,向远处变为细粒沉积,辫状河由造山带向盆地推进,呈现辫状河、辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和湖泊沉积的楔状互层(图 15)。

川西—川中层序样式受控于龙门山与米仓山—大巴山两个逆冲推覆体的综合作用,川西地区层序地层样式主要受龙门山逆冲推覆作用的控制,而川中地区层序地层样式则受两逆冲推覆体的交替作用,即当其中一个造山带处于逆冲推覆运动时,另一个造山带则处于相对稳定的低幅隆升状态,由两造山带的逆冲推覆活动与稳定低幅隆升交替活动,在时间上和强度上的不一致性和非同步性,形成了川

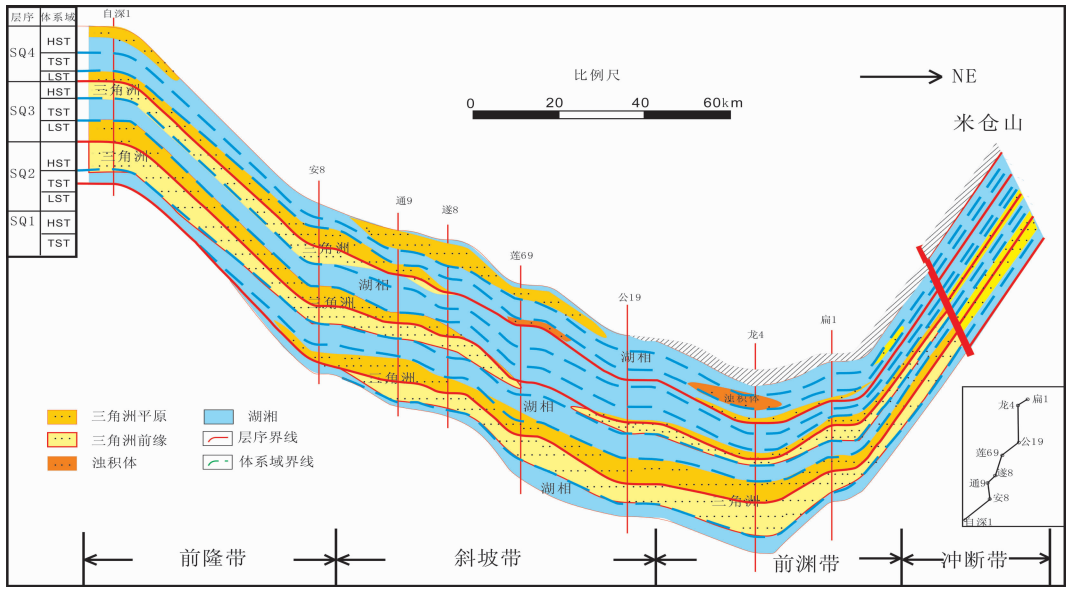


图 14 川西—川中地区中坝—合川对比剖面

Fig.14 Zhongba-Hechuan correlation profile in western Sichuan-central Sichuan area

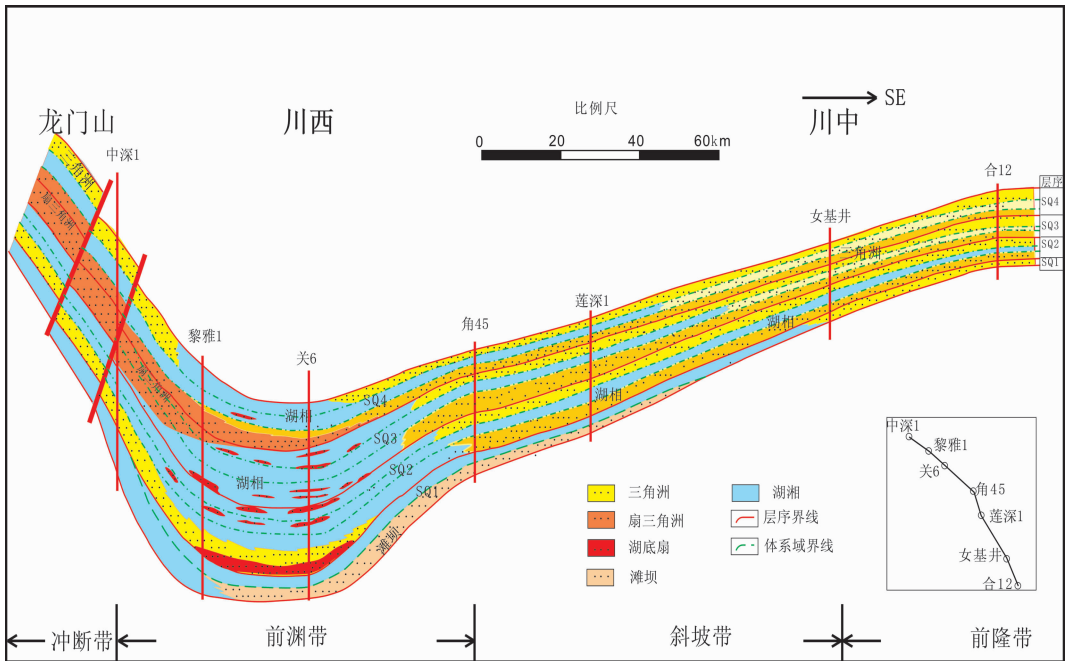


图 15 川西—川中地区自贡—米仓山对比剖面

Fig.15 Zigong-Micangshan correlation profile in western Sichuan-central Sichuan area

西—川中独特的层序样式和沉积充填模式。

参考文献(References):

[1] 魏魁生, 徐怀大, 叶淑芬, 等. 四川盆地层序地层特征 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2):151-157.

Wei Kuisheng, Xu Huaida, Ye Shufen, et al. Sequence stratigraphic characteristics of Sichuan basin [J]. Oil and Gas Geology, 1997, 18 (2):151-157(in Chinese with English abstract).

[2] 李勇, 孙爱珍. 龙门山造山带构造地层学研究 [J]. 地层学杂志, 2000, 24(3):201-205.

Li Yong, Sun Aizhen. Tectostratigraphy of Longmenshan orogen[J].

- Journal of Stratigraphy, 2000, 24 (3):201-205 (in Chinese with English abstract).
- [3] 田继军, 姜在兴, 李熙喆, 等. 川西前陆盆地上三叠统岩性地层圈闭勘探前景分析[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(1):22-25.
Tian Jijun, Jiang Zaixing, Li Xizhe, et al. Analyses on exploration prospect of Upper Triassic lithologic and stratigraphic traps in West Sichuan foreland basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(1):22-25(in Chinese with English abstract).
- [4] Flemings P B, Jordan T E. Stratigraphic modeling of foreland basin: interpreting thrust deformation and lithospheric rheology [J]. Geology, 1990, 18:403-434. 276-281.
- [5] Luo Z. New recognition of basement in Sichuan basin [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1998, 25(2):191-200.
- [6] 叶泰然, 郑荣才, 刘兴艳. 高分辨率层序地层学在川西须家河组砂体分布研究中的应用[J]. 天然气工业, 2008, 28(2):37-41.
Ye Tairan, Zheng Rongcai, Liu Xingyan. Application of high-resolution sequence stratigraphy to research of sandbody distribution in Xujiahe formation, West Sichuan basin [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(2):37-41(in Chinese with English abstract).
- [7] 刘金华, 张世奇, 孙耀庭, 等. 川西前陆盆地上三叠统须家河组地层的划分对比及沉积演化[J]. 地层学杂志, 2007, 31(2):190-196.
Liu Jinhua, Zhang Shiqi, Sun Yaoting, et al. Correlation and evolution of the Upper Triassic Xujiahe Formation in the West Sichuan foreland basin[J]. Journal of Stratigraphy, 2007, 31(2):190-196(in Chinese with English abstract).
- [8] 何鲤, 段勇, 罗潇, 等. 川西坳陷上三叠统层序地层划分新方案[J]. 天然气工业, 2007, 27(2):6-11.
He Li, Duan Yong, Luo Xiao, et al. New scheme of sequence stratigraphic division for Uupper Triassic in West Sichuan depression [J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(2):6-11(in Chinese with English abstract).
- [9] 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):12-15.
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):12-15(in Chinese with English abstract).
- [10] 罗启后, 王世谦. 四川盆地中西部三叠系重点含气层系天然气富集条件研究[J]. 天然气工业, 1996, 16(1):40-55.
Luo Qihou, Wang Shiqian. Research on natural gas enrichment conditions of the main coal-bearing strata of triassic in the centre-west part of Sichuan basin [J]. Natural Gas Industry, 1996, 16(1):40-55(in Chinese with English abstract).
- [11] Vail P R, Audemard F, et al. The stratigraphic signature of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview. Rice University. 1991, 41-69.
- [12] Mitchum R M, Vail P R, Thompsons. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis [C]//Payton C E (ed.). Seismic Stratigraphy—Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG, 1997, 26:53-62.
- [13] 许希辉, 刘开时. 川西北柘坝场潜伏构造须二上亚段古河道岩性圈闭初探[J]. 天然气工业, 1995, 15(3):28-33.
Xu Xihui, Liu Kaishi. Primary discussion on old channel lithologic trap of xu-2 upper submember of Zhebachang burial structure in northwest Sichuan [J]. Natural Gas Industry, 1995, 15(3):28-33(in Chinese with English abstract).
- [14] Burchfiel B C, Chen Zhiliang, Liu Yuping, et al. Tectonics of the Longmenshan and adjacent regions, central China [J]. International Geology Review, 1995, 37:661-735.
- [15] 高志勇, 罗平, 郑荣才, 等. 四川磨溪—龙女寺构造香溪群高分辨率层序地层分析[J]. 成都理工大学学报, 2005, 32(6):597-603.
Gao Zhiyong, Luo Ping, Zheng Rongcai, et al. The high-resolution sequence stratigraphy analysis of the Upper Triassic Xiangxi Formation in the Moxi—Longnusi structure of Sichuan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2005, 32(6):597-603(in Chinese with English abstract).
- [16] 郑荣才, 朱如凯, 翟文亮, 等. 川西类前陆盆地晚三叠世须家河期构造演化及层序充填样式[J]. 中国地质, 2008, 35(2):246-255.
Zheng Rongcai, Zhu Rukai, Zhai Wenliang, et al. Tectonic evolution and sequence filling patterns in the western Sichuan foreland-like basin in the Upper Triassic Xujiahean period [J]. Geology in China, 2008, 35(2):246-255(in Chinese with English abstract).
- [17] 刘树根, 罗志立, 戴苏兰. 川西前陆盆地的“四川运动”及与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4):276-281
Liu Shugen, Luo Zhili, Dai Sulan. Sichuan movement in west Sichuan foreland basin and its relation to oil and gas [J]. Oil and Gas Geology, 1996, 17(4):276-281(in Chinese with English abstract).
- [18] 曾联波, 李跃纲, 张贵斌, 等. 川西南部上三叠统须二段低渗透砂岩储层裂缝分布的控制因素[J]. 中国地质, 2007, 34(4):622-627.
Zeng Lianbo, Li Yuegang, Zhang Guibin, et al. Controlling factors for fracture distribution in the low-permeability sandstone reservoir of the Second Member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in the south of western Sichuan [J]. Geology in China, 2007, 34(4):622-627(in Chinese with English abstract).
- [19] 陈竹新, 贾东, 魏国齐, 等. 川西前陆盆地中—新生代沉积迁移与构造转换[J]. 中国地质, 2008, 35(3):472-481.
Chen Zhuxin, Jia Dong, Wei Guoqi, et al. Meso-Cenozoic sediment transport and tectonic transition in the western Sichuan foreland basin [J]. Geology in China, 2008, 35(3):472-481(in Chinese with English abstract).

Upper Triassic stratigraphic correlation and stratigraphic sequence characteristics in western Sichuan and central Sichuan depression

TIAN Ji-jun¹, JIANG Zai-xing², LI Xi-zhe³, ZHANG Man-lang³

(1. College of Geology and Exploration Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 10083, China; 3. Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Langfang 065007, Hebei, China)

Abstract: Stratigraphic correlation between Xiangxi Group in central Sichuan depression and Xujiache Formation in western Sichuan depression remains a problem of much controversy. The stratigraphic correlation becomes more complex and difficult because of the activity, asymmetry and deposition center mobility. The landmark sequence boundaries comparable with each other in the whole depression can be identified by stratigraphic sequence analysis of well logging curve, outcrop section, and seismic reflective characteristics. Lowstand, lacustrine transgressive and highstand systems tracts can be subdivided by the stacking patterns of stratigraphy, changes of lithology, lithofacies and palaeontological data. This paper has built up a stratigraphic sequence framework based on the fourth-order sequence of Upper Triassic in western Sichuan and central Sichuan depression on the basis of stratigraphic sequence correlation in well-tied sections, and put forward a reasonable scheme of stratigraphic correlation between Xiangxi Group and Xujiache Formation. The results obtained are of great significance in such aspects as the reconstruction of the original lithofacies palaeogeography, the distribution of sedimentation, the accurate prediction of favorable facies belts and the evaluation of hydrocarbon resources.

Key words: upper Triassic; Xujiache Formation; Xiangxi Group; stratigraphic correlation; stratigraphic sequence

About the first author: TIAN Ji-jun, male, born in 1978, lecturer, doctor, mainly engages in the study of sequence stratigraphy and sedimentation; E-mail: tianjjun@xju.edu.cn.