

文章编号: 1000-0550 (2005) 02-0232-08

楚雄盆地北部上三叠统储集体构型及空间分布

赖生华¹ 孙来喜¹ 赵霞飞²

1 (西南石油学院“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 四川南充 637001)

2 (成都理工大学 成都 610059)

摘要 通过实测野外露头, 沉积层序与高分辨层序地层学相结合, 采用扩展 Simpson 方法, 扩展 Simpson 3/8 方法及 Trapezoidal 方法, 研究储集体构型及空间展布。上三叠统储集体为砂砾岩, 总体上表现为自下而上逐渐减薄。普家村期 (T_3p) 北部太平场和南部洒苴两个扇储集体互不连通, 自成体系。南部扇连通较好, 是有希望目的层。干海子期 (T_3g) 时的河控三角洲砂体与浪控三角洲砂体的连通性和非均质程度差别颇大。舍资期 (T_3s) 时砂体呈环状分布。湖成砂体连通性差, 河道砂体则均质性强, 连通较好。

关键字 储集体 构型 非均质性 连通性

第一作者简介 赖生华 男 1966 年出生 博士 高级工程师 层序地层学及储层评价

中图分类号 P618.130.2⁺1 **文献标识码** A

楚雄盆地北部晚三叠世由盆底扇深水环境过渡到沿岸砂坝和三角洲环境, 沉积序列可划分为八个三级层序。本文通过实测野外露头, 沉积层序与高分辨层序地层学相结合, 采用扩展 Simpson 方法, 扩展 Simpson 3/8 方法及 Trapezoidal 方法, 研究储集体构型及空间展布。上三叠统储集体为砂砾岩, 总体上表现为自下而上逐渐减薄。普家村组南北扇体互不连通, 储集体体积为 $7\ 162\ \text{km}^3$ 。北部砂砾岩之间连通性较差, 延伸距离较短, 非均质性较强; 而南部河道砂砾岩储集体则规模大, 连通性变好。干海子组砂砾岩体为 $4\ 175\ \text{km}^3$ 。在北部呈椭圆状展布, 阻挡层较多, 非均质性强, 而在南部则呈环带状分布, 宏观非均质性减弱。舍资组环带状分布砂体为 $5\ 036\ \text{km}^3$ 。湖成砂体较薄, 连通性较差; 而河道砂体均质性、连通程度相对较高。

1 楚雄盆地北部上三叠统沉积体系

楚雄盆地常指晚三叠世的沉积盆地, 位于扬子地台西南缘。盆地西界为程海断裂, 东边界为绿汁江断裂和普渡河断裂。长期以来, 对楚雄盆地的性质众说纷纭, 早期曾提出过块断盆地、断凹盆地、克拉通多旋回盆地、张裂凹陷盆地等这之说。晚期认为是边缘前陆盆地^[1]、弧后前陆盆地^[2]。本文涉及绿汁江断裂以西、姚安以东、楚雄以北, 华坪以南地区。(图 1)

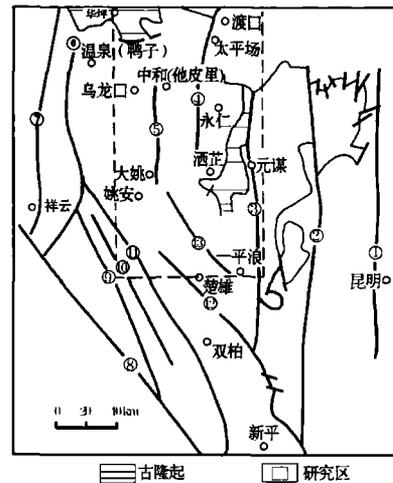


图 1 楚雄盆地构造格架及研究区域

普渡河断裂 易门断裂 绿汁江断裂 渡口隐伏断裂
大姚隐伏断裂 鱼泡江断裂 程海断裂 红河断裂 三街
断裂 马龙河断裂 ⑪沙桥断裂 ⑫楚雄断裂 ⑬火烧屯断裂

g 1 Tectonic style of the Chuxiong basin and study location

Puduhe fault Yimen fault Luzhijiang fault Dukou fault
Dayao fault Ypaojiang fault Chenghai fault Honghe fault
Sanjie fault Malonghe fault ⑪ Shaqiao fault ⑫ Chuxiong fault ⑬
Huoshautun fault

该区晚三叠世自下而上沉积普家村组 (T_3p)、干海子组 (T_3g) 和舍资组 (T_3s), 前二者属于诺利期沉积, 后者属于瑞替期沉积, 表现为自西向东推进的超时间楔^[1-3]。

对楚雄盆地晚三叠世古地理环境的认识分歧颇大,如曹德斌认为东部晚三叠世属近海河湖—河湖环境^[4],而许效松则认为沉积环境经历了四次大的变化,主要属于潮控三角洲环境^[11]。目前,主要通过两种方法研究沉积体系。一者是沉积动力学途径,主要强调与搬运和沉积过程有关的作用^[5~7];而另一些作者则认为沉积时的地貌特征和基准面升降决定了沉积体系分布规律,称之为“沉积体制(depositional regime)”^[8]。本文主要吸取沉积体制基本思想,在编制各时期沉积前地貌图的基础上,结合层序地层分析、古生物资料和岩性、沉积构造研究该区上三叠统沉积体系(图 2)。

普家村组(T_3p)与下伏苴林群呈角度不整合接触,由砂砾岩、岩屑砂岩、粉砂岩、泥岩构成多个旋回夹少量煤层(线),含 *Cladoplebis racibotski*—*Neocalamites horensis* 亚带组合和少量介形类、叶肢介化石。

元谋洒芷上三叠统剖面普家村组缺乏 SQ1(层序代号见图 2,下同),且 SQ2 也只有顶部的 FRST(强制水退体系域)^[9,10]。FRST 表现为较厚扇体沉积,由细砾岩透镜体与粉(细)砂岩互层组成多个正旋回。细砾岩宽 1~7 m,厚 0.3~0.6 m。上部最大透镜体宽度可达 18 m,厚 2.7 m,块状,或呈 Gt Gp 相。这一套粗碎屑的沉积环境应属坡度较大的砂质扇上发育的低弯度砾质河道,有的河段弯度高,有侧向迁移现象,LA 构型亦较常见。SQ3 厚度较小,顶部为水道浊积砂岩组成的 FRST。SQ4 是一个复合层序,其低位体系域由 SF(斜坡扇)、PG(斜坡前积楔形体)构成。其凝缩段为深灰色页岩和泥岩,夹薄层浊积岩(<5 cm),为深水沉积,厚达 76 m。由此往上至顶为向上变粗序列,为沿岸带和滨面沉积。

该时期,北面的盐源隆起和东部元谋隆起为主要物源区,深凹陷沿盆地东缘分布。盆地边缘宝鼎一带发育湿地扇,而东缘永仁洒芷一线形成扇三角洲,斜坡扇和限制性纵向盆底扇^[11]。洒芷和一平浪之间可能有沿岸漂移的近滨富砂带。西部华坪隆起的边缘,推测有沿岸砂坝,向南延伸为水下高地。据邻近的洒芷剖面推测,永仁以南的深水区可能为泥页夹薄的浊积层,是附近沉积物搬运的指向带。

干海子期(T_3g)的环境与普家村期(T_3p)有很大

不同。干海子组与下伏普家村组呈平行不整合接触,为滇中重要的含煤层位。底部为砾岩,主要由含砾砂岩、粉砂岩、泥岩、煤层(线)构成多个韵律层。发育板状、楔状、槽状交错层理、透镜状和水平层理。化石组合属 *Dictyophyllum nathorsti*—*Clathropteris meniscoides* 亚带和 *Yunnanophorus*—*Indosinion* 组合带,含叶肢介 *Euestheria minuta*, *E. yipinglangensis* 等。SQ5 的 TST 由厚达 220 m 的中、粗砂岩组成,含薄砾石层,为典型的河控三角洲的河口坝堆积。HST 由三角洲平原原煤沉积组成。

该时期物源区后退,沉积范围扩大。在北部华坪一带,沿岸砂坝超覆于古隆起之上,为滨岸带、浪控三角洲沉积;而此时宝鼎冲积扇可能地形变陡,碎屑物供给增加,形成辫状河冲积扇。永仁、洒芷一线此时期发育显著的河控三角洲,堆积巨厚砂层。向南至东南一角的一平浪附近则变为浪控三角洲。两类三角洲及其间有沼含泽煤环境。大姚、姚安一带坡降向北,浊流应向东北方向搬运。

舍资组(T_3s)与下伏地层呈平行不整合接触,由砂岩、粉砂岩、泥岩构成多个韵律,局部夹煤层(线)。上部夹紫红色泥岩,与侏罗系冯家河组逐渐过渡。发育板状、楔状交错层理,平行、透镜状和水平层理。化石组合属 *Dictyophyllum nathorsti*—*Clathropteris meniscoides* 亚带,含少量介形类和双壳类^[9]。在永仁地区上三叠统地层中发现海相双壳类化石,如 *Nucula* sp., *Anodontophora* sp., *Asarte* sp., *Palaeoncylo* sp.

此时期,华坪隆起消失,为三角洲前缘复合体所覆盖,东部元谋隆起进一步缩小。前期的宝鼎冲积扇、洒芷河控三角洲及一平浪浪控三角洲依然存在。但在龙街附近发育显著的河道。此时期南部的浅水台地面积很大,北部发育一深水区。姚安—大姚一带的浊流仍向北搬运。

2 储集体构型特征

研究区内储集体为砂、砾岩,主要分布于晚三叠统及下侏罗统冯家河组,但总体上表现为自老向新平均厚度减薄的趋势(图 3)。

储集体构型(Architecture)是指沉积单元内储集体的类型、几何形态和叠置模式。在本次研究中,通过编制砂、砾岩体对比图和等厚图确定其构型特征。

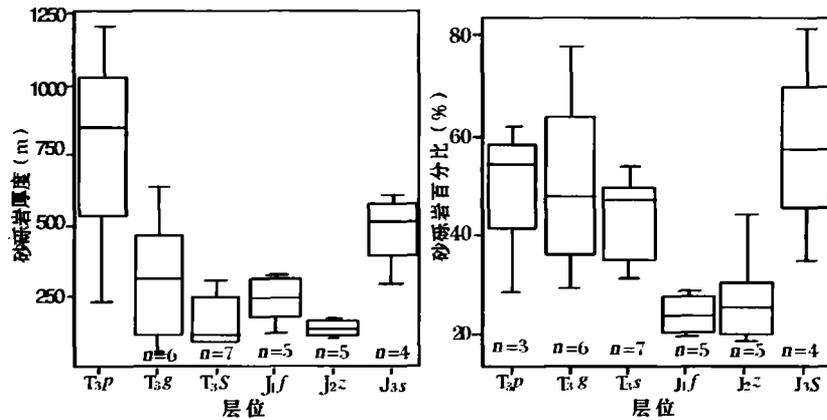


图 3 研究区内砂、砾岩纵向分布特征

Fig 3 The longitudinal distribution feature of sandstone and conglomerate in the study area

储集体的细分与对比是构型研究的基础,有两种方法。一是采用以岩性地层为基础的“饼层”状对比,但难于解释对比中出现的许多矛盾。随着层序地层学理论的提出,强调了层序界面的等时性,消除了地层分层、对比中的许多不恰当之处。本文基于沉积层序理论^[9-14]建立三级层序等时框

架,结合短期基准面进一步进行高频层序划分对比(图 4),研究储集体几何形态及连通性在空间上的变化特征。三级层序由低水位体系域、水进体系域、高水位体系域组成^[9,15-16]。三级层序包含高频层序(HFSS)^[17]。HFSS也是由 LST、TST、HST组成,并可分解成更高频的主旋回^[18-22]。

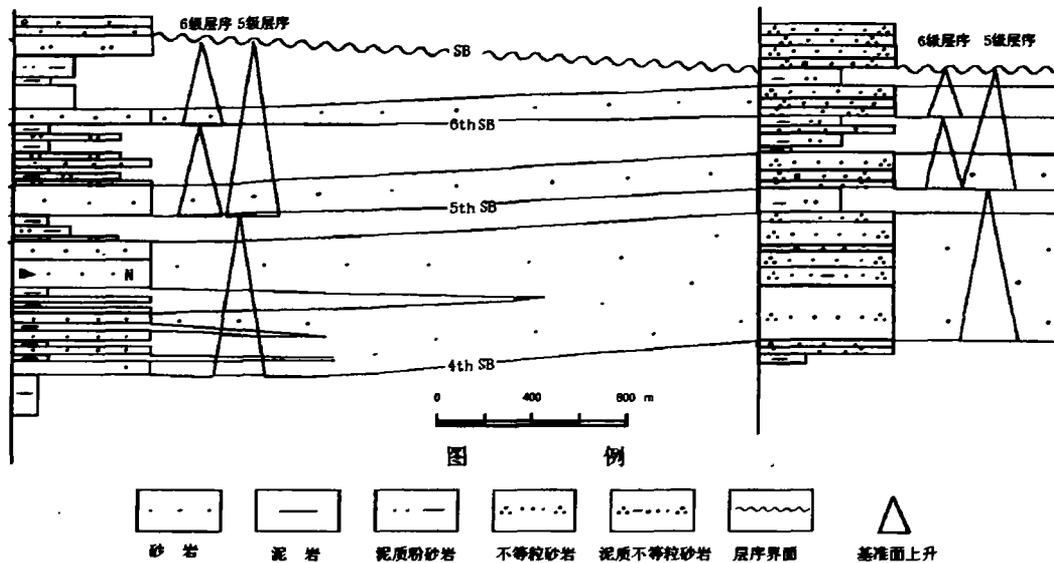


图 4 储集体层序地层对比模式

Fig 4 The correlation pattern of sequence stratigraphy in reservoir - body

(1) 普家村组 (T₃p)砂砾岩体

桥头间(永仁)地区为一低洼区。该区以北太平场地区发育湿地扇辫状河、曲流河充填砂、砾岩体。桥头间以南地区在强制海退体系域(FRST)受限扇上水道发育,而水进体系域(TST)、高水位体系域

(HST)主要发育滨面砂体。

水进体系域时期,基准面不断上升,沉积物可容空间形成速率增大,北部湿地扇不断退积,地形坡度变陡。当坡度超过休止角时,沉积物发生滑塌,向桥头间洼陷区搬运,在剖面底部形成厚约 200 m的坡底

扇复合体。当河流能量较强时,河道直接进入洼陷区,形成厚度超过 40 m 的河道充填砂岩体。

北部湿地扇植被发育,河岸物质固着性较强,使河流迁移受到一定限制,多形成单河道砂、砾岩体(story)。普家村晚期第四层序(SQ4)发育时期,基准面下降幅度大,可容纳空间急剧减少,河流不断下切,形成垂向叠置,侧向加积,厚度超过 300 m 的多河道砂、砾岩体(multistory)。储集体为河道间沼泽、洪泛沉积所分隔,向南减薄,与泥岩、粉砂岩成指状交叉。储集体在平面上呈椭圆状分布,主河道流经攀枝花、太平场,向南延伸。

南部地区,强制海退时期(FRST)基准面快速下降,沉积物供给速率/可容空间增加速率 $> > 1$,形成纵向搬运的受限扇复合体。辫状河道宽而浅,水能量强,河身不稳定,侧向迁移较快,冲裂频繁,既可形成厚度超过 250 m 的多河道砂、砾岩叠置体,也可形成厚度不足 0.6 m 的透镜体。储集体规模一般较大,最大宽度可达 5 000 m,顺南北向延伸,厚度较稳定,储集体之间为细、粉砂岩充填。在 TST 和 HST 时期,受水盆地水介质能量增强,沿岸流将碎屑物质平行岸线搬运,在 T_3p 晚期沉积厚度达 60 m 的滨面砂体。受限扇砂砾岩体呈北窄南宽的扇形分布,而 T_3p 顶部滨面砂岩体则平行元谋隆起边缘呈带状分布,有可能发育成不连续的障壁岛。总之, T_3p 时期,该区砂砾岩体主要发育于北部太平场地区和桥头间以南地区。两个次级区域之间的砂砾体互不连通,形成各自独立的沉积体系。相比较而言,北部砂砾岩之间的连通性较差,延伸距离较短,非均质性较强;而南部多以多河道砂砾岩体为主,次为滨面砂体,储集规模大,其连通性较好,形成具有勘探前景的目的层。

(2) 干海子组(T_3g)砂砾岩体

干海子组为 T_3p 期的继承性发展,可容空间总体减小,碎屑物质大量输入受水盆地,盆地不断被充填。沉积体系分布与前一时期具有相似性,在桥头间以北华坪地区,海浪能量较强,主要形成浪控三角洲前缘。南、北两三角洲各自独立,互不连通。

桥头间地区仍为一相对洼陷区。TST 早期,基准面相对较低,可容空间较小,河流能量较强,在洪水季节,河流携带大量碎屑物质形成高密度浊流,向湖延伸较远,在洼陷区底部急剧卸载,形成分选较差、富含长石、厚度 40~50 m 的洪水型浊积扇。扇体分布范围较小,呈透镜状。当可容空间进一步增大时,在桥头间地区发育厚度较薄而稳定,延伸广泛的三角洲前

缘席状细砂。

在北部地区,第五层序(SQ5)层序 TST 时期,海浪能量较强,河流携带的碎屑物质为波浪所改造,形成具反韵律结构的砂坝,如华坪鸭子庄剖面 T_3g 下部见两套厚度分别为 35 m、50 m 的砂砾岩体延伸距离较近,向洼陷方向尖灭于泥质岩中。分流河道普遍发育于第 SQ_5 层序上部及第 SQ_6 层序中,河流迁移改道频率较 T_3p 低,均形成单河道砂体。少许河流水能量较强,直接进入洼陷,形成分布范围较广的条带状砂体。大部分分流河道水能量较低,向洼陷方向延伸一定距离后过渡为砂坝。

南部元谋隆起提供丰富的物源,主河道携带大量碎屑物质经洒芷注入水体,三角洲前缘不断向前推进,岸线后退,形成河控三角洲。在第 SQ_5 层序、第 SQ_6 层序 TST 形成巨大的分流河道及滩坝复合体,累计厚度为 400 m。向一平浪方向,砂体厚度逐渐减薄,由滩坝复合体过渡为砂、砾质前积斜坡复合体。

在平面上, T_3g 期北部砾岩主要分布于太平场地区,呈椭圆状展布;南部河控三角洲的主河道为东西向,砾岩主要分布于一平浪地区,呈带状分布,可能为一切蚀谷充填。砂岩在平面上主要呈带状分布,但在洒芷地区砂体向西延伸较远,局部呈舌状。北部地区砂体内部或之间细粒阻挡层较多,储层非均质性较强烈;南部地区砂体分选好,连通程度高,储层均质性相对较高。

(3) 舍资组(T_3s)砂体

舍资期区内沉积物可容空间较小,绿汁江断裂以东深槽基本填平,形成统一的三角洲平原环境,在乌龙口、桥头间一带发育平原小湖泊,河流分别从南、北两方向入湖形成分流河道、河口滩坝砂体。舍资期在北部地区主要发育河口滩坝砂体,在水进体系域早期和高水位时期形成分流河道充填砂体。

TST 中晚期,湖面不断上升,湖水能量增强,河流携带的碎屑物质在入湖口发生沉积,在湖流的作用下,侧向漂移,形成沿岸带状砂岩。该时期北部地区碎屑物质供给不特别充分,形成的砂体自下而上减薄,最大厚度仅为 15 m 左右。除个别沿岸砂体外,绝大多数延伸不远,与滩间泥质沉积互层或指状交叉。特别是第 SQ_6 层序 TST 发育期,可容空间形成速率相对较高,沉积物供给速率/可容空间形成速率 < 1 ,所形成的砂脊延伸距离很短,被泥岩所包围,呈孤立状分布。

在 TST 早期和 HST 时期,沉积物可容空间较小,

携带碎屑物质的河流可直达湖心,发育分流河道充填砂体。特别是在第 SQ₈HST期,所有砂体均为分流河道成因,表明该湖泊已逐渐萎缩。分流河道河身较稳定,延伸广泛,在剖面上基本可连续追踪,为单河道砂体(story)。

该时期所沉积的砂体在平面上呈环状分布,洒芷—乌龙口一带最为发育,次中心在太平场一带。湖成砂体总体相对较薄,富含泥质夹层,连通性较差;而河道砂体均质性、连通程度相对较高。

3 储集体体积估算

楚雄盆地勘探程度十分低,为了获取盆地资源量,以往常常是采取算术平均求储集体厚度,然后乘以储集体分布面积而求取体积。更有效的方法是依据所编制的砂砾岩体厚度平面分布图,进行网格细划,采用现代数学方法预测储集体规模。

设三度空间中某一点 $Z = f(x, y)$,在数学上,三维地质体的体积 V 可表达为:

$$V = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} f(x, y) dx dy$$

Z:空间中某一点地质体的厚度

X:空间中某一点的横坐标

Y:空间中某一点的纵坐标

在实际计算中,通过将曲面 $f(x, y)$ 进行网格划分可近似计算地质体的体积。

考虑到工区的勘探状况,本文以组为单位,基于所编制的砂砾岩体厚度平面分布图,进行网格细划(表 1),取各向异性系数为 5,采用扩展 Simpson方法,扩展 Simpson方法及扩展 Trapezoidal方法近似计算储集体体积(表 2)。

扩展 Simpson准则:

系数序列为 {1, 4, 2, 4, 2, 4, 2, ..., 4, 2, 1}

$$A_i = \frac{x}{3} [G_{i,1} + 4G_{i,3} + 4G_{i,4} + \dots + 2G_{i,ncol-1} + G_{i,ncol}]$$

$$V = \frac{Y}{3} [A_1 + 4A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{ncol-1} + A_{ncol}]$$

扩展 Simpson3/8准则:

系数序列为 {1, 3, 3, 2, 3, 3, 2, ..., 3, 3, 2, 1}

$$A_i = \frac{3x}{8} [G_{i,1} + 3G_{i,2} + 3G_{i,3} + 2G_{i,4} + 2G_{i,ncol-1} + G_{i,ncol}]$$

$$V = \frac{3Y}{8} [A_1 + 3A_2 + 3A_3 + 3A_3 + \dots + 2A_{ncol-1} + A_{ncol}]$$

扩展 Trapezoidal准则:

系数序列为 {1, 2, 2, 2, ..., 2, 2, 1}

$$A_i = \frac{x}{2} [G_{i,1} + 2G_{i,2} + 2G_{i,3} + \dots + 2G_{i,ncol-1} + G_{i,ncol}]$$

$$V = \frac{Y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{ncol-1} + A_{ncol}]$$

X:列增量

Y:行增量

$G_{i,j}$:行 i 列 j 处节点的值

表 1 网格划分参数

Table 1 The parameters of grid cell division

p	列数	行数	列增量 /m	行增量 /m	厚度变化 /m	各向异性系数
T _{3p} 砾岩	420	1000	239	200	0~259	5
T _{3p} 砂岩	470	1000	213	200	0~977	5
T _{3g} 砾岩	480	1000	209	200	0~186	5
T _{3g} 砂岩	480	1000	209	200	0~821	5
T _{3s} 砾岩	480	1000	209	200	7~497	5
T _{3s} 砂岩	530	1000	189	200	0~623	5

表 2 不同时期储集体体积

Table 2 The volume of reservoir-body in different stage

储集体	Simpon/km ³	Simpon3/8/km ³	Trapezoidal/km ³
T _{3p} 砾岩	1131	1131	1131
T _{3p} 砂岩	6031	6031	6031
T _{3g} 砾岩	567	567	567
T _{3g} 砂岩	3608	3608	3608
T _{3s} 砾岩	5036	5036	5036
T _{3s} 砂岩	3774	3774	3774

由表 2可见,利用不同方法所计算的同一时期同类储集体体积均相同,说明上述结果准确可靠。计算结果表明,T_{3p}砂砾体最发育,其体积超过 7 000 km³,上覆地层封盖性较好,因此,该储集体可聚集保存相当规模的天然气,能形成具有商业价值的气藏,应是今后勘探方向之一。T_{3g}期的砾岩最不发育,仅 567 km³。

4 结论

(1)分析了 T_{3p}、T_{3g}和 T_{3s}各期储层的储集体之构型、分布特征、连通性和非均质程度。T_{3p}时,北部太平场和南部洒芷两个扇储集体互不连通,自成体系。南部扇连通较好,是有希望目的层。T_{3g}时的河控三角洲砂体与浪控三角洲砂体的连通性和非均质

程度差别颇大。 T_3s 砂体呈环状分布。湖成砂体连通性差,河道砂体则均质性强,连通较好。

(2)运用 Simpon 方法、扩展 Simpon3/8 方法及 Trapezoidal 方法,首次近似地计算了 T_3p 、 T_3g 和 T_3s 砂、砾岩储集体的体积。 T_3g 砾岩体积最小。 T_3p 砂砾体最发育,体积最大,且封盖性较好,是可能形成商业价值气藏的储集体。

参考文献 (References)

- 1 许效松. 楚雄盆地沉积层序演化. 岩相古地理, 1999, 19 (5): 1 ~ 11 [Xu Xiaosong. The nature of the Chuxiong basin and evolution of sedimentary sequences. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19 (5): 1 ~ 11]
- 2 陈根文. 楚雄弧后前陆盆地的形成与演化. 云南地质, 1999, 18 (4): 392 ~ 397 [Chen Genwen. The formation and evolution of Chuxiong back-arc foreland basin. Yunnan Geology, 1999, 18 (4): 392 ~ 397]
- 3 谭富文, 尹福光, 许效松, 等. 楚雄前陆盆地系统的构造单元及沉积标识. 沉积学报, 2000, 18 (4): 573 ~ 579 [Tan Fuwen, Yin Fuguang, Xu Xiaosong, *et al*. Tectonic units and sedimentary signatures in the Chuxiong foreland basin system, Yunnan Province. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18 (4): 573 ~ 579]
- 4 Cao Debin. Characteristics of Triassic in Yunanjiang and its stratigraphic correlation. Yunnan Geology, 2001, 20 (4): 392 ~ 400
- 5 Robinson J W, and McGabe P J. Sandstone-body and shale-body dimensions in a braided fluvial system: Salt Wash Sandstone member (Morrison formation), Garfield county, Utah. AAPG Bulletin, 1997, 81 (8): 1267 ~ 1291
- 6 Reynolds A D. Dimensions of Paralic Sandstone bodies AAPG Bulletin, 1999, 83 (2): 211 ~ 229
- 7 Jordan T E, and Flemmings P B. Large-scale stratigraphic architecture, eustatic variation, and unsteady tectonism: a theoretical evaluation. Journal of Geophysical Research, 1991, 96 (B4): 6681 ~ 6699
- 8 Thome J A, and Swift D J P. Sedimentation on continental margins, VE a regime model for depositional sequences, their component systems tracts, and bounding surfaces. In: Swift D J P, Oertel G E, Tillman R W, and Thome J A, eds Shelf sand and sandstone bodies. International Association of Sedimentologists Special Publication, 1991, 14: 189 ~ 255
- 9 Posamentier H W, Allen G P, and James D P. Forced regressions in a sequence stratigraphy: concepts, examples and exploration significance. AAPG Bulletin, 1992, 76 (10): 1687 ~ 1709
- 10 Heller P L, Paola C, *et al*. Geomorphology and sequence stratigraphy due to slow and rapid base-level changes in an experimental subsiding basin (XES96 - 1). AAPG Bulletin, 2001, 85 (5): 817 ~ 838
- 11 Scott R M, and Tillman R W. Society of Economy Paleontologic Mineralogy, Core workshop, No. 29. 1981
- 12 Kaufman P, Grotzinger J P, and Mcomick D S. Depth-dependent diffusion algorithm for simulation in shallow marine depositional systems. In: Franseen E K, Watney W L, Kendall G G St C, and Ross W C, eds Sedimentary modeling: computer simulations and methods for improved parameter definition. Kansas Geological Survey, 1991. 489 ~ 508
- 13 Paola C, Heller P L, and Angevine C L. The large-scale dynamics of grain-size variation in alluvial basins, I. Theory. Basin Research, 1992, 4 (2): 73 ~ 90
- 14 Rivenaes J C. Application of a dual-lithology, depth-dependent diffusion equation in stratigraphic simulation. Basin Research, 1992, 4 (2): 133 ~ 146
- 15 张金亮, 常象春, 刘宝珺. 楚雄盆地上三叠统深盆气成藏条件研究. 沉积学报, 2002, 20 (2): 469 ~ 476 [Zhang Jinliang, Chang Xiangchun, Liu Baojun. Deep basin gas accumulation in the Upper Triassic of Chuxiong Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (2): 469 ~ 476]
- 16 李儒峰, 金之钧, 马永生, 等. 盆地波动特征与生储盖层耦合关系分析——以楚雄盆地为例. 沉积学报, 2004, 22 (3): 474 ~ 480 [Li Rufeng, Jin Zhijun, Ma Yongsheng, *et al*. Analysis for the coupling relationship between basin wave characteristic and source, reservoir and cap rock—a case study of Chuxiong Basin, Yunnan. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (3): 474 ~ 480]
- 17 Harris P M, Kerans C, and Bebout D G. Ancient outcrop and modern examples of platform carbonate cycles implications for subsurface correlation and understanding reservoir heterogeneity. In: Loucks R G, and Sarg J F, eds carbonate sequence stratigraphy: recent developments and applications AAPG Memoir 57, 1994. 475 ~ 492
- 18 Kerans C, and Tinker S W. Use of quantitatively calibrated depositional models in constructing high-resolution sequence stratigraphic frameworks for reservoir characterization (abs). AAPG Annual Convention Program, 1994, 3: 186
- 19 Mitchum R M, and Van Wagoner J C. High-frequency sequence and their stacking patterns: sequence stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. Sedimentary Geology, 1991, 70: 131 ~ 160
- 20 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation procedures. In: Bally A W, ed Atlas of seismic stratigraphy. AAPG Studies in Geology, 1987. 1 ~ 10
- 21 Vail P R, Mitchum Jr R M, and Thompson III S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 4: global cycles of relative changes of sea level. In: Payton C E, ed Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26, 1997. 83 ~ 97
- 22 Van Wagoner J C, Posamentier H W, Vail P R, Sarg J F, Loutit T S, and Hardenbol J. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus G K, Hastings B S, Kendall G G St C, Posamentier H W, Ross G A, and Van Wagoner J C, eds Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication 42, 1988. 139 ~ 145

The Architecture and Distribution of the Upper Triassic Reservoir of the Northern Chuxiong Basin

LA I Sheng-hua¹ SUN Lai-xi¹ ZHAO Xia-fei²

1(State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Petroleum Institute of Southwest, Nanchong Sichuan 637001)

2(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract The Triassic reservoir sandstone was from the basin-floor fan to the coastal bar and the delta, and can be divided into eight third-order sequences in the Chuxiong basin during late Triassic. This paper, using depositional sequence stratigraphy and high-resolution sequence stratigraphy, using extended Simpson math, extended Simpson 3/8 math and Trapezoidal math, has studied the reservoir architecture and spatial distribution through measured sections. The reservoir-body of upper Triassic, showing successive thin from lower to upper, was sandstone and conglomerate. The southern and northern fan-bodies of the Pujiacun formation (T_3p) that was 7162 km³ had not become connection. Although the northern sandstone and conglomerate has worse connection, shorter extension and more extensive heterogeneity, the southern channel sandstone bodies have been larger and better connection. The sandstone and conglomerate of the Ganhaizi formation (T_3s), which was 4175 km³, was oval distribution, more barrier layers and extensive heterogeneity in the north, and was circling distribution, weaker macro-heterogeneity in the south. The circling sandstone body of the Shezi Formation (T_3s) was 5036 km³, in which the connection of the lake sandstone body was worse than that of the channel sandstone body and the latter was been characterized by more homogeneous.

Key words architecture, reservoir, heterogeneity, connection