

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

西准噶尔前陆盆地二叠纪火山—沉积序列 与盆地演化耦合

赵玉光 肖林萍

西南交通大学土木工程学院,成都,610031

内容提要 本文探讨了西准噶尔前陆盆地二叠系层序界面属性及层序的内部构成,识别并标定了6类层序界面:削截角度不整合、削截不整合、削蚀不整合、削蚀上超不整合、侵蚀上超不整合和上超界面,在此研究的基础上,二叠系被划分为6个三级层序。建立了区内二叠纪火山—沉积盆地演化的序列模型。下二叠统的4个三级层序是火山沉积盆地演化的结果,与前陆盆地早期残余海的演化耦合;中、上二叠统发育的两个三级层序的时空堆叠与前陆盆地晚期的盆地演化耦合。层序的堆叠是火山—沉积盆地演化的物质记录和响应,盆地演化伴随火山—沉积层序的形成与分布。

关键词 二叠纪 前陆盆地 火山—沉积层序 盆地演化 西准噶尔

研究区位于西准噶尔褶皱带与准噶尔盆地之间,其构造—沉积特征与盆地的性质在下古生代至泥盆纪为深海洋盆;石炭纪由于哈萨克斯坦板块与准噶尔洋壳的俯冲与碰撞,西准噶尔造山带开始形成并发育岛弧,反映洋盆开始封闭。此时盆地具深海—半深海弧前盆地性质(丘东洲等,1994);早二叠世由于西准噶尔造山带大规模地自西北向东南推覆,区内强烈沉降,此时盆地具早期前陆盆地性质,发育了一套长达4000余米的海陆过渡相火山—火山碎屑—沉积岩磨拉石建造;晚二叠世前陆盆地边缘逆冲推覆体进一步向盆地腹部逆冲,在前渊发育了一套厚3000余米的陆相粗碎屑磨拉石建造,此时期盆地具晚期前陆盆地的性质。三叠纪盆地开始由前陆盆地向内陆拗陷盆地过渡。本文通过对二叠纪前陆盆地早期和晚期盆地演化序列和火山—沉积层序界面及层序内部构成分析,总结了二叠纪火山—沉积盆地的演化序列模型,并探讨了西准噶尔二叠纪火山—沉积层序堆叠与盆地演化的耦合关系。

1 层序界面属性与层序地层格架的内部构成

1.1 层序界面属性

层序地层划分的基础是层序地层关键界面的确定,层序地层关键界面包括(Sangree et al., 1989):层序界面、最大湖(海)侵面、湖(海)侵面等,其中最重要的是层序界面,它是一个层序的顶底界面,一个层序底界面的性质决定了该层序的属性。

根据前人的地震地层研究成果(许效松等,1997;赵玉光等,1997),结合本区的研究工作,在研究区内识别出了6种性质的层序界面:削截角度不整合、削截不整合、削蚀不整合、削蚀上超不整合、侵蚀上超不整合和上超界面。这些界面代表了沉积间断的时间长短及界面属性及构

成(图1)。
①佳木河组下亚组与石炭系之间为削截不整合界面;
②佳木河组中亚组与下亚组之间为不整合—整合层序界面,该界面在小拐地区表现为不整合形式,而在五一八区则为整合接触,也可以确定为一个层序界面;
③削蚀不整合,发育于佳木河组中亚组与上亚组之间,由于海平面下降造成的侵蚀不整合,形成了沉积间断;
④佳木河组上亚组与风城组之间为削蚀上超不整合,反映了该界面的性质是在佳木河组上亚组形成末期,海平面下降或构造隆升,使佳木河组上亚组遭受削蚀作用,地层大量缺失,出现了较大的沉积间断期(图1),随后,由于海平面上升,在风城组形成初期,造成了风城组早期的沉积物对该界面的上超。因此,在该界面之下为削蚀成因,之上为上超性质,构成了一个对下伏地层穿时,对上覆地层等时的这样一个复合界面,组成了一个三级层序界面;
⑤风城组与夏子街组之间的界面性质为侵蚀上超不整合,其成因性质和属性与上述界面相同;
⑥下乌尔禾组与夏子街组之间发育上超层序界面,反映了下乌尔禾组形成时期的湖泊相中的滨湖亚相向湖岸方向移动,表现为沉积上超的特点;
⑦上、下乌尔禾组之间为削截角度不整合,下乌尔禾组形成之后,发生重大的逆冲断块的逆冲作用,造成大范围地层的构造掀斜作用,形成了削截角度不整合。该界面沉积间断的侵蚀时间最长,在小拐地区缺失了中二叠统及下二叠统风城组和佳木河组上亚组的地层。上述7个界面都是一个典型的三级层序界面,通过综合分析研究将研究区内二叠系划分为6个三级层序,分别编号为①②③④⑤和⑥(图1)。

1.2 层序地层格架的内部构成

层序地层格架指的是由层序界面所限定的沉积体系域的堆叠格式及其内部配置。现将各个层序的发育特征详述如下(图1):

(1)层序①,主要相当于佳木河组下亚组地层,由削截不整合面(P_1^1)和不整合—整合面(P_1^{-1})所限定。层序的底界面在581井中分布于3324 m处,其下为石炭系的粗面岩,该层序主要由火山角砾岩、凝灰岩组成。其底界面与 P_1^1 反射层相当。该反射面之下为杂乱反射,之上为中强振幅连续、较连续反射。

(2)层序②,相当于佳木河组中亚组地层,由不整合—整合(P_1^{-1})和削蚀不整合面(P_1^{-2})所限定。该层序主要岩性为大套棕红色火山角砾岩、灰黑色凝灰岩及正常沉积扇三角洲相的砾岩、砂岩、泥岩等。总体上是由细变粗的反旋回,指示了海平面不断下降的过程。

(3)层序③,相当于佳木河组上亚组地层,由削蚀不整合面(P_1^{-2})与削蚀上超不整合面(P_1^2)所限定(图1)。该层序通常为连续性较好的平行或者亚平行反射,表现为横向较稳定,水体较深,五一八区反射较强。根据现有钻井资料,佳木河组上亚组是一个规模较大的向上变粗的沉积旋回。该亚组下部主要由细砾岩、砂岩夹暗色泥岩及火山岩组成,总体岩性较细,电测曲线表现为低阻段。该段上部主要由砾岩、砂砾岩组成,总体岩性较粗,电测曲线表现为高阻段,属高水位体系域。低水位体系域目前尚无井钻遇。

(4)层序④,主要由风城组组成,其顶、底面分别为该组的顶、底面,由 P_2^2 、 P_3^3 反射界面所限定,3个体系域发育完整。根据钻井资料,风城组本身是一个大的粗—细—粗沉积旋回。该组下部由砂砾岩夹暗色泥岩组成,为扇三角洲沉积,属低水位体系域。在地震剖面上,风城组相当于 P_2^2 — P_3^3 之间的反射单元,主要为中强振幅平行、亚平行连续反射,反映了岩相横向较稳定,但难以区分出低水位、水进和高水位体系域。

(5)层序⑤,该层序由夏子街组和下乌尔禾组构成,由地震反射界面 P_3^3 和 P_4^4 所限定。根据钻井资料,夏子街组、下乌尔禾组组成一个规模较大的粗—细—粗沉积旋回。旋回下部的夏子

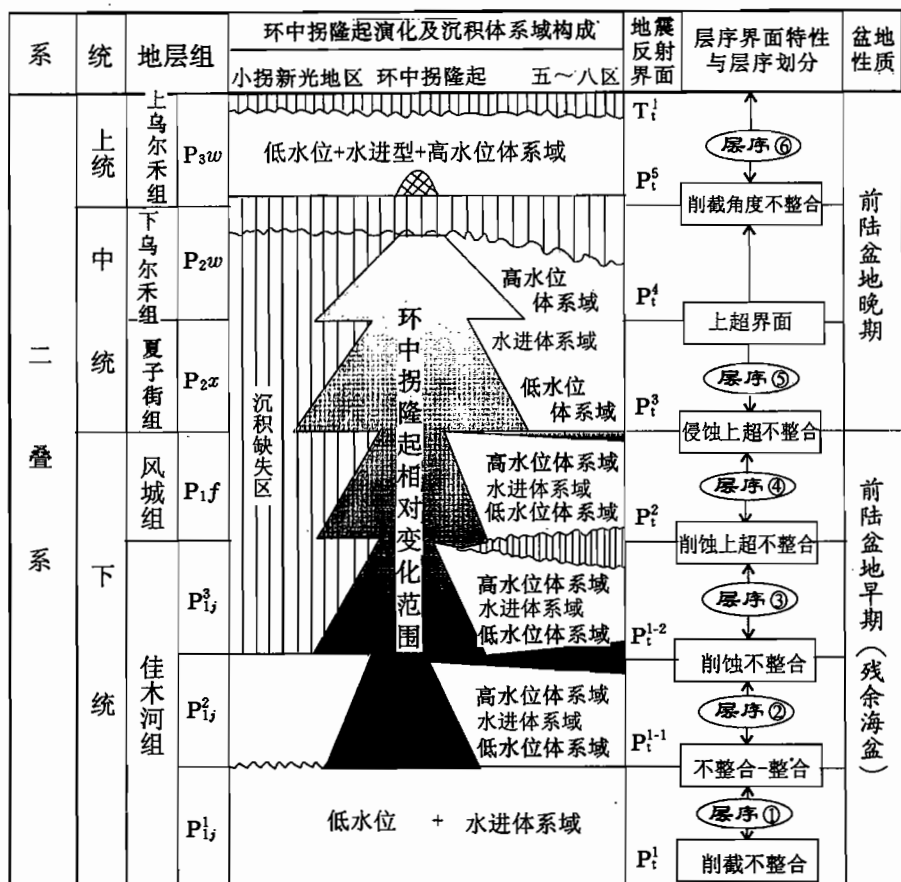


图1 西准噶尔二叠纪前陆盆地演化与层序地层格架

Fig.1 Evolution of the Permian western Junggar foreland basin and the framework of sequence stratigraphy

街组由砂砾岩、砂岩夹少量泥岩组成,粒度普遍较粗,为冲积扇和扇三角洲相,属低水位体系域。旋回上部的下乌尔禾组下段主要由灰绿色、深灰色砂砾岩、砂岩、泥岩互层组成,主要为滨湖亚相沉积,地震剖面上具有明显的湖岸上超。研究区内下乌尔禾组上段缺失。总之,该层序具有明显的二分性,即自下而上依次为粗(夏子街组)→细(下乌尔禾组下段)→不整合面,反映了湖泊由浅→深→扩张—萎缩的变化过程。

(6)层序⑥,该层序相当于上乌尔禾组地层,由地震反射层 P_5^s 和 T_1^i 所限定。层序的顶面在克81井井深为3794m处,其上为下三叠统大套冲积扇砾岩,之下则为上乌尔禾组冲积扇→辫状河流→辫状三角洲相→湖泊相。顶底层序界面分别为削蚀不整合和角度不整合界面。该层序发育了规模较大的辫状三角洲相的沉积体。

2 火山—沉积盆地充填演化序列模型

二叠纪火山—沉积盆地的演化从盆地火山—沉积体系的充填史方面可以划分为3个火山—沉积体系充填的盆地演化阶段(图2)。

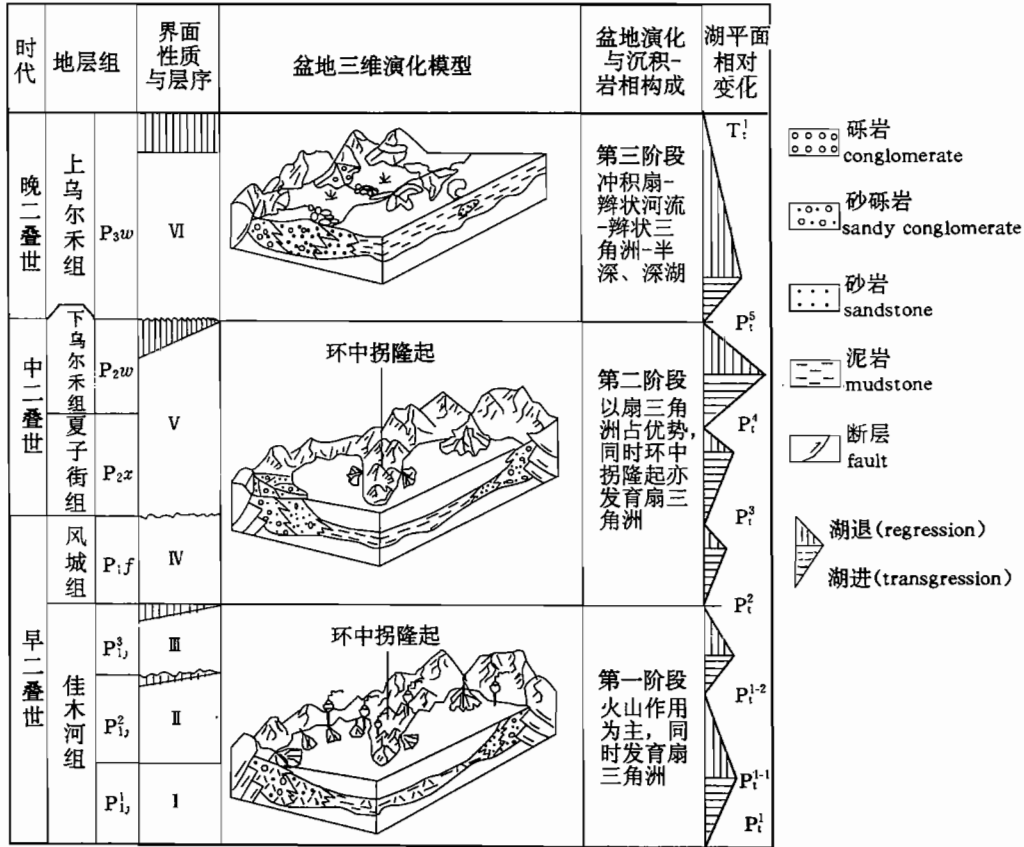


图 2 西准噶尔二叠纪前陆盆地火山—沉积演化序列模型图
 Fig. 2 Model of the volcanic-sedimentary evolution succession of the Permian western Junggar foreland basin

盆地充填演化的第一阶段:为早二叠世早期佳木河组沉积时期(图 2),其中在佳木河组中下组顶部发育构造不整合面。该盆地演化阶段火山作用占优势,同时伴随有扇或扇三角洲相沉积体的存在,构成了一个由火山—火山碎屑岩体系和正常碎屑岩体系组成的复合系统。盆地充填序列是火山作用总体上逐渐减弱,正常碎屑岩的沉积作用总体上逐渐增强,反映了两者呈负相关的互为消长的关系。包含了两个火山作用相—环境相的旋回,可以划分两个三级层序,分别编号 I、II、III。

盆地充填演化的第二阶段:为早二叠世风城组、中二叠世夏子街组和下乌尔组沉积时期(图 2)。其中在风城组顶部发育一个构造不整合面。该盆地演化以扇三角洲相占绝对优势,同时,在中拐凸起的边缘亦有扇体的发育,中拐凸起范围逐渐变小,根据风城组顶部的构造不整合面,该盆地演化由两个三级层序构成,分别编号为 IV、V。

盆地充填演化的第三阶段:为晚二叠世上乌尔禾组沉积时期。为前陆盆地演化的晚期阶段,此时期,盆缘断裂活动减弱,盆地充填的沉积体系由盆缘断裂带物源区至盆地腹部方向依次为:冲积扇体系→辫状河流体系→辫状河三角洲体系→湖泊体系(湖底扇)。该盆地的演化由一个三级层序构成,层序编号为 VI。

3 火山沉积盆地演化与层序堆叠的耦合关系

在综合分析研究区内二叠系沉积特征和区域地质背景的基础上(赵玉光等,1994),对本区二叠纪火山—沉积盆地史进行了分析,以便能够更好地理解本地区二叠纪的沉积背景和层序形成的耦合关系。研究表明早二叠世为前陆盆地早期发育阶段,火山岛弧异常发育,为残余海盆地的大地构造—沉积背景;在晚二叠世至中生代为前陆盆地的晚期阶段,此时期火山活动停止,为扇—湖沉积体系为主的前陆盆地,并受前陆逆冲推覆体的制约。反映了盆地演化与层序堆叠的耦合关系。

石炭纪末期至早二叠世佳木河组下亚组形成初期,西准噶尔洋发生了一次俯冲消减,本区一度抬升,海平面迅速下降,并造成了石炭系与下二叠统之间的不整合。佳木河组下亚组形成中、晚期,本区处于碰撞挤压之后的松弛拉张沉降阶段,海平面相对快速上升,形成了佳木河组下亚组以火山作用占优势的作用相;至佳木河组中亚组形成时期,沉降速度变缓,开始孕育第二次碰撞。此时期,海平面上升速率相对变慢,水体变浅,火山岩发育、扇三角洲不断向盆地方向推进,形成了佳木河组中亚组的一个火山—沉积岩相序列。

早二叠世佳木河组中亚组形成末期,第二次俯冲碰撞开始,本区迅速抬升,海平面快速下降,海水可能退出本区。盆地边缘地区或中拐凸起地区出露水面,地层遭受剥蚀,形成了佳木河组中亚组与上亚组之间的不整合。

早二叠世佳木河组上亚组形成末期,形成低水位体系域。中期又发生沉降,继而发生海侵,海平面相对快速上升,形成了佳木河组上亚组下部的水进体系域细粒较深水沉积,并伴随有火山作用的发生。晚期海平面相对上升速率变慢,水体变浅,扇三角洲又向前推进形成了岩性较粗的沉积体,火山活动开始减弱。

早二叠世风城组沉积时期和中二叠世末期,第三次俯冲碰撞开始,海(湖)平面快速下降,形成了研究区大部分地区佳木河组上亚组与风城组之间的不整合。晚二叠世上乌尔禾组形成时期是第四次逆冲推覆期,为盆地演化的第三阶段,形成了上乌尔禾组与下三叠统的角度不整合。研究区二叠纪经历了多次抬升、沉降的构造—沉积岩相旋回。构造运动控制了沉积作用和火山作用的发生、发育频率与分布。盆地演化从前陆盆地早期火山作用占优势的残余海→晚期无火山作用的正常碎屑体系的晚期前陆盆地。盆地演化决定了火山—沉积层序的性质,而层序又是火山—沉积盆地演化的物质响应,反映了两者的相互耦合关系。

总之,早二叠世的4个三级层序是火山沉积盆地演化的结果,反映了前陆盆地早期残余海的演化与这4个三级层序堆叠的耦合关系。中、上二叠统发育有两个三级层序,发育于前陆盆地晚期的盆地演化序列中,沉积层序受控于盆缘断裂的逆冲推覆体活动频率、周期、湖平面的升降变化以及沉积物的供给等参数。至上乌尔禾组形成时期,沉积范围明显扩大,在环中拐地区接受了上乌尔禾组形成时期的冲积扇或辫状河的沉积体,中拐凸起开始消失。此时期盆缘断裂逆冲推覆体活动规律是由加强→减弱→几乎消失的作用过程。前陆盆地晚期的盆地演化与这两个层序的堆叠相耦合,层序的堆叠是沉积盆地演化的物质记录和响应,盆地演化将伴随沉积层序的形成与分布。

参 考 文 献

- 丘东洲,张继庆,陈新发等.1994.准噶尔盆地西北缘三叠—侏罗系储层沉积成岩作用与评价.成都科技大学出版社.
- 许效松,刘宝珺,赵玉光等.1997.上扬子西缘二叠纪—三叠纪层序地层学与盆地转换耦合.北京:地质出版社,9~16.
- 赵玉光,肖林萍.1994.准噶尔盆地地壳动力学与油气储层沉积相模型.岩相古地理,14(2):7~15.
- 赵玉光,王剑,唐锦玉等.1997.层序界面及其附近的地质特征与地质过程的表现.地质学报,71(4):374~380.
- Sangree J B, Vail P R. 1989.层序地层学及其应用.张宏达等译.北京:石油工业出版社,10~38.

Coupling Between the Permian Volcanic—Sedimentary Sequences and the Basin Evolution in the Western Junggar Foreland Basin

Zhao Yuguang Xiao Linping

College of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031

Abstract

The paper discusses the attributes of the Permian sequence boundaries and the inner architectures of the sequences in the western Junggar Basin. Six types of sequence boundaries have been identified and described, which are: (1) truncation angular unconformity, (2) truncation unconformity, (3) erosional truncation unconformity, (4) erosional truncation onlap unconformity, (5) erosion onlap unconformity, and (6) onlap boundary. Based on the above study, six third-order sequences have been identified, and a model of the evolutionary succession of the Permian volcanic-sedimentary basin of the study area is suggested. Four third-order sequences in the Early Permian are the result of the evolution of the volcanic-sedimentary basin, which was coupled with the evolution of the residual sea (i. e. the early-stage foreland basin). The time-space stacking of two third-order sequences developed in the Middle and Late Permian was coupled with the late evolution of the foreland basin. The stacking of the third-order sequences is a material record of the foreland basin evolution as well as its response, while the basin evolution will accompany the formation and distribution of the volcanic-sedimentary sequences.

Key words: Permian; foreland basin; volcanic-sedimentary sequence; basin evolution; western Junggar Basin

作 者 简 介

赵玉光,男,1963年生。1987年毕业于中国地质大学(武汉)矿产系煤田专业,1990年获该校(北京)沉积学专业硕士学位,2000年获成都理工学院博士学位。现任西南交通大学土木工程学院教授。主要从事防灾减灾学、环境地质学、隧道及地下工程学、工程地质学、能源地质学及造山带地质学。通讯地址:610031,四川省成都市西南交通大学土木工程学院;E-mail: ygzhao@mail. sc. cninfo. net/ ygzhao@home. swjtu. edu. cn。