

# 酒西盆地石北地区晚侏罗 —早白垩世沉积相研究

姚金福 朱莲芳

(中国科学院兰州地质研究所)

**提要** 本文运用沉积学和地球化学、地球物理学及数理统计学方法,对研究区上侏罗—下白垩统的沉积特征,依地面与井下资料作了综合研究,划分出7种沉积相类型,探讨了相组合分布、相序演化规律及构造运动、古气候、古地形等诸多控制因素,建立了石北箕状同生凹陷沉积模式,并总结出各类沉积相的元素指标及伴随相演化、铍/钡、钒/镍、镁/钙等多项元素比值变化的规律。

**主题词** 沉积相 相组合与相序 箕状同生凹陷沉积模式 酒西盆地 晚侏罗—早白垩世

**第一作者简介** 姚金福 男 28 硕士 沉积学及岩相古地理学

## 一、研究区概况

酒西盆地处于甘肃省酒泉县西部,大地构造位置属北祁连加里东褶皱带西端北部的边缘部分<sup>①</sup>,为北西—南东向的纵长小型内陆山前盆地,面积约2700km<sup>2</sup>,沉积厚度为3500—6000m,以中、新生代地层为主,分布广、厚度大,侏罗—白垩系达2000m,为一套陆相杂色碎屑岩系。研究区面积约500km<sup>2</sup>,其主体为北东向的白南II、III号同生断裂及其所控制的石北箕状同生凹陷(图1)。

研究区下沟剖面主要出露赤金堡组(J<sub>3c</sub>、下沟组(K<sub>1x</sub>)和中沟组(K<sub>1z</sub>)地层<sup>②</sup>。赤金堡组下部为紫红、灰绿色砾岩夹少量砂岩和泥岩,中、上部为砂、泥岩夹砾状砂岩。下沟组为棕红、灰绿色砂岩、含砾砂岩和砾岩与灰绿、灰黑色泥岩、砂质泥岩和页岩互层。中沟组为棕红、紫红色泥质砾岩、砾状砂岩、砂岩与泥岩、砂质泥岩互层。石北凹陷钻穿侏罗—白垩系的井有十几口(图1)。对比分析表明,井下地层与下沟剖面大致可以对比。

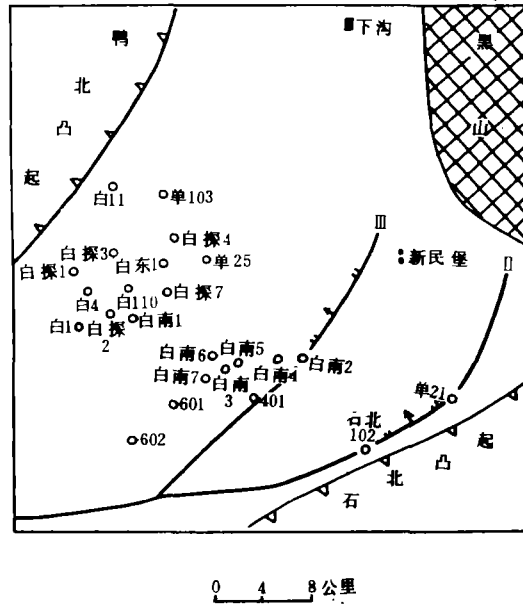


图1.研究区范围、钻井位置和下沟剖面位置图  
Fig.1 The area of studied district, positions of wells and Xiangou Profile

①周清杰等,1985,酒西盆地的形成发展(内刊)。

②王武和,1985,酒西盆地的侏罗、白垩系(内刊)。

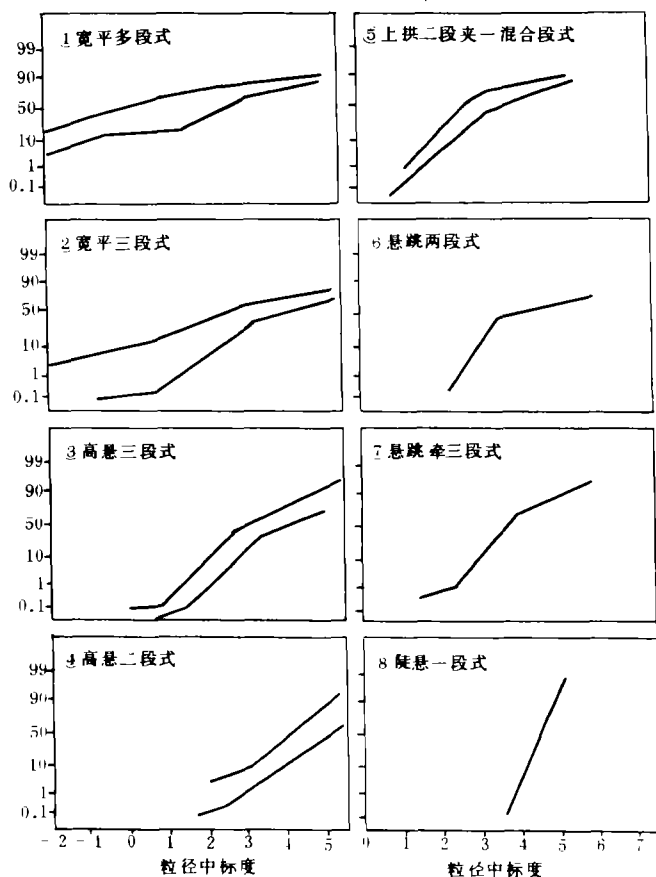


图2 主要粒度概率曲线类型

Fig.2 Typical grain-size probability distribution curves in Shibeidistrict

扇端亚相的涓流或河漫滩沉积特征，为泛滥洪水沉积。

**5.上拱二段夹一混合段式 (图2—⑤)** 曲线由悬浮、跳跃及其间的过渡组分构成，为河道砂、边滩及河口坝沉积所具有，但三者尚有差别。

**6.悬、跳两段式 (图2—⑥)** 为远砂坝沉积所特有，具悬浮和跳跃两段，其间呈突变接触。

**7.悬、跳、滚三段式 (图2—⑦)** 为滨湖滩砂所特有，由于滩砂受到湖水拍岸浪及回流作用的影响，使得曲线各搬运方式的段落分明，各段间以突变式接触，曲线形态呈“抬头高、中段直、尾部低”的特点。

**8.陡悬一段式 (图2—⑧)** 为深湖、静水、悬浮沉积所特有。曲线陡直 (斜率  $65^\circ$ )，粒级细 ( $> 3.55\phi$ )，全为悬浮组分。

## 二、沉积物粒度概率曲线特征

研究区沉积水动力条件特殊，即汇流地形坡度大、水流流速及载荷变化大，迳流对湖盆水体沉积作用的影响大，这“四大”特点导致区内沉积物粒度分布独具特色，概率曲线中代表悬浮、跳跃、滚动搬运方式的三条线段有多种变化，形成了各沉积环境特有的概率曲线形态，主要有8种类型 (图2)。

### 1.宽平多段式 (图2—①)

几全以悬浮机理搬运，代表洪积扇根泥石流或浊流沉积。

### 2.宽平三段式 (图2—②)

粒度区间宽，滚动、跳跃和悬浮组分分明。代表洪积扇相和水下扇相。

### 3.高悬三段式 (图2—③)

具有高悬浮组分 (可达95%)，为洪积扇相、水下扇相所具有。

### 4.高悬二段式 (或一段式)

粒度区间窄，几全为悬浮组分 ( $> 90\%$ )，反映洪积

## 三、沉积岩中元素的分群组合特点

元素在沉积岩中的分布、富集和组合特点主要取决于沉积时的环境条件，利用某些特征元素的丰度和一些元素的比值可以判断沉积岩的形成环境。作者使用 X—射线荧光光度计等分析仪器，对采自露头 and 取芯井的上百块泥岩、泥质粉砂岩样品进行了 23 种元素含量的测定分析，并对全部元素资料进行了聚类分析，试图为沉积相划分提供佐证。

1. 聚类分析的地质意义：

元素聚类分析 剖面 and 井下沉积岩样品中元素的 R 型聚类分析结果在枝状图上可将所选用的 23 个变量（元素及氧化物）明显聚为两群 4 类（图 3）。

第一群：

第 I 类：为易迁移元素钙、镁、锶，在石北凹陷中央区的深湖相带中丰度高，其富集方式有粘土矿物的离子交换、吸附和自生矿物，尤其以碳酸盐矿物富集；

第 II 类：为弱迁移元素钾、铷、钡、磷、镍、钒、钴、铜、铅、锌、锰；

第二群：

第 III 类：为不易迁移的元素铝、钛、锆、钇、铌、铁，在河流相中相对富集；

第 IV 类：为明显富集于泥质粉砂岩中的元素硅、钠、铬，其丰度在滨浅湖相及河流相带中相对较高。

分析研究可知，上述聚类分析结果和依元素迁移性的地球化学分类结果基本一致；同时，每一类中的元素组合与一定沉积相类型的依存、对应关系也较密切。

样品聚类分析 作者以钒、铬、镍、钴等 16 种元素和二氧化硅等 7 种氧化物及锶 / 钡等 9 项元素比值为变量，以样品相关系数作为相似性系数，对剖面 and 井下的 126 个沉积岩元素样品进行聚类分析，结果在枝状图上将剖面的 46 个岩样 and 井下的 80 个岩样分别聚为 6 类和 8 类，分别统计计算出各类的元素丰度平均值，对比研究发现：每一类中的各样品所含的同一种元素，其丰度或其与另外某元素之比值均较接近，而与其它类的差别则很大。因此，以元素丰度及元素比值等数据进行 Q 型聚类分析作为研究沉积岩形成环境的手段是可行的。

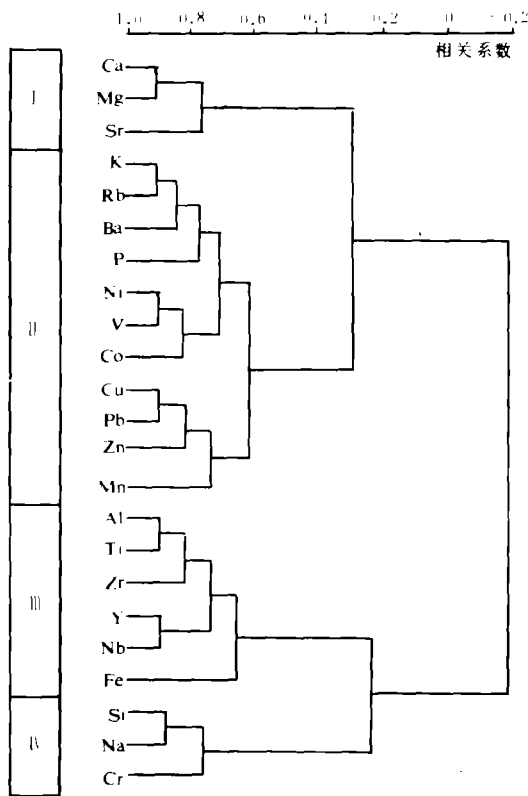


图 3 石北地区沉积岩中元素聚类枝状图

Fig. 3 Cluster analysis of chemical elements contained

in the sedimentary rocks in Shibei District

2. 主要沉积相类型的元素丰度及元素比值特点

对下沟剖面 and 井下样品中元素含量测定 and 统计分析，表明各类沉积相的元素丰度有一定特点：

洪积扇相 元素的分异、富集趋势不甚明显，钠、钾、钛、锆、钇、铬、锌相对富集

河流相 氧化淋滤作用强烈，易迁移元素钙、镁、锰、锶、锌丰度低，锶仅 95ppm，

不易迁移元素铁、铝、钛、锆、钇及硅、钠、铬相对富集, 钛高达 4488ppm;

三角洲前缘亚相 主要富集铜、钒、钴、钡、钾等, 而贫于磷、钠、锆等;

滨浅湖相带 以弱碱性、弱还原为主, 相对富集钙、锰、铁、锶、钠等;

半深—深湖相带 属还原—强还原环境, 河水的掺合作用及低溶解度元素的分异作用明显减弱, 加以暗色泥页岩和有机质对众多元素有着强烈的吸附作用, 致元素丰度普遍高于研究区平均值, 易迁移元素钙、锶、锌、镁、锰以及铜、钒、镍等丰度尤高, 锰为 748ppm, 镍达 4175ppm.

关于元素比值, 国内外学者利用锶/钡、钒/镍值判别海陆相 80% 以上获得成功, 本文则通过统计计算钒/镍、铁/锰、锶/钡等 9 项元素比值的平均值, 归纳出元素比值伴随大陆环境沉积相的演化而变化的若干规律, 即由洪积扇相向→河流相→三角洲前缘亚相(→滨浅湖相)→到半深、深湖相, 钒/镍、锶/钡、铷/钾值同步增长, 而镍/钴、钾/钠、钠/钙、锶/钙、镁/钙、铁/锰值则依次递减; 水下扇相的锶/钡、钒/镍、钾/钠值最高, 镍/钴、钠/钙值最低; 浊积扇相的锶/钡、镍/钴、铷/钾值较高, 铁/锰、钾/钠值较低, 已可表明元素分析可以作为划分沉积相的依据.

#### 四、沉积相类型及相组合、相序控制因素

本文在研究石北地区晚侏罗—早白垩世沉积相过程中, 主要采用以下 8 个方面的资料, 作为综合判断沉积相的依据, 即与沉积环境的水动力条件直接关联的岩性特征和组合关系, 沉积构造(层理、层面)特点等; 沉积剖面结构及其沉积韵律序列特点; 岩石的矿物组成及其组合、含量、形态和粒度分布特征; 生物化石群落的组合特点; 某些特征元素的丰度及一些元素的比值特点, 重矿物沿水流方向的沉积分异现象; 粘土矿物类型、含量及组合特点; 自然电位曲线和视电阻率曲线的幅度、形态及其变化规律等. 共划分出 7 种沉积相、20 种沉积亚相, 如表 1 所示.

控制研究区相组合及相序的最重要因素为构造因素. 酒西盆地在晚侏罗—早白垩世时期, 发生拉张—剪切活动, 随后, 沿北东—南西向产生了一系列基底正断层(断面倾向北西, 倾角  $60^\circ$  左右), 如白南 II、III 号同生断层; 在平面上呈“Y”型, 使基底东倾西绕, 形成“一台一凹一缓坡”的构造格局.<sup>①</sup>同生断层的强烈活动及其控制的东南断陷、西北超覆的箕状构造格局直接控制着石北凹陷内充填的沉积相类型及相组合模式, 同时, 伴随着水进水退幅度的变化, 在岩性、岩相上表现为不对称的特点. 在发展历史上, 历经快速沉降期(活动期)( $J_3c$ )、稳定下沉期(全盛期)( $J_3c_2-K_1x_2$ )和振荡运动上升萎缩期( $K_1z_1-z_2$ )(图 4). 在构造旋回早期, 活动强烈, 造成地势高差大, 发育以洪积扇相—河流相为主的沉积水动力较强的地质景观, 中、晚期, 构造运动相对宁静, 地形经改造而逐渐平缓, 发育以水动力较弱的河湖相为主.

此外, 古气候因素也很重要. 研究区从  $J_3c$  到  $K_1z_2$  气候演化的总特征为: 从  $J_3c_1$  的半干旱气候到  $J_3c_2-K_1x_2$  的半潮湿气候, 再到  $K_1z_2$  的半干旱气候, 在  $J_3c$ 、 $K_1x$ 、 $K_1z$  内部, 又存在着次一级的小旋回. 气候的旋回必然影响古水系的分布, 并导致在上述三组中分别相

<sup>①</sup>林丕杰, 1986. 酒西盆地中新生代沉积特征(内刊).

表 1 石北地区上侏罗一下白垩统主要沉积相、沉积亚相类型明细表  
Table 1. Principal types of sedimentary facies and subfacies from Upper Jurassic to Lower Cretaceous Series in Shibeidistrict

沉积相	沉积亚相	沉积微相
洪积扇相	扇根	泥石流、主河道
	扇中	网状河道
	扇端	席状砂
河流相	河道砂	未分
	边滩、心滩	
	河漫滩	
	河底滞留物	
三角洲相	三角洲平原	分流河道、天然堤、决口扇、分流间湾、沼泽
	三角洲前缘	河口坝、远砂坝、前缘席状砂
	前三角洲	前三角洲泥
滨浅湖相	滨湖滩砂	未分
	滨湖泥滩	
半深—深湖相	半深—深湖泥岩	未分
水下扇相	扇根	主河道、堤岸
	扇中	网状水道、漫岸、扇中前缘
	扇端	未分
深水浊积扇相	边缘	未分
	中心	扇上水道、堤岸
	根部	未分

应地出现水退→水进的变  
化，这种变化又造成沉积  
特征的变化，形成洪积、  
河流相沉积→滨浅湖、半  
深、深湖相沉积的旋回发  
展。

### 五、结 论

晚侏罗—早白垩  
世各时期，石北地区沿下  
沟剖面往南至 601 井方向  
及箕状凹陷西侧缓坡带从  
西往东，同一层位碎屑岩  
粒度逐渐变小，依次发育  
了一套洪积扇→河流→三  
角洲→滨浅湖、半深湖、  
深湖环境的沉积相组合，  
形成一系列向上变细的沉  
积旋回，为一套 2000m  
厚的杂色陆相建造；箕状

凹陷东侧陡带主要发育水下扇—浊积扇相组合。

2、深而小的石北凹陷所具有的四大特点，造成区内沉积相带窄且横向相变快（甚至发生跳相）及各具特色的沉积相—与大型盆地、广阔冲积平原区发育的沉积相迥然不同，如研究区河流相兼具辫状河与洪积扇相沉积特点；水下扇相具近源、浅水、粗粒、兼有冲积与浊积的特点；浊积扇相以深水、浊积、间歇性发育为特征。

3、白南Ⅱ、Ⅲ号同生断裂及其控制的箕状同生凹陷，决定着沉积相组合模式（图 4）—湖盆快速沉降期：凹陷陡带发育洪积扇—河流相组合；缓坡带发育河流边滩—三角洲相组

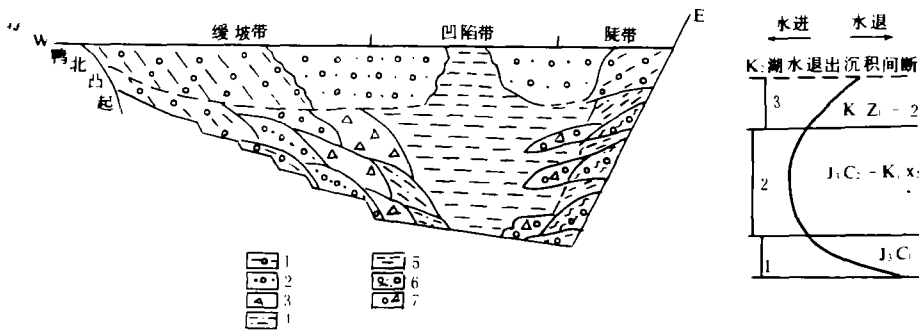


图 4 石北箕状同生凹陷沉积剖面模式图

Fig 4 Sedimentary profile model map of asymmetric contemporaneous depression in Shibeidistrict

合。稳定下沉期：陡带形成水下扇—浊积扇相组合；缓坡带形成河流—三角洲—滨浅湖相组合，而以滨浅湖和河流相沉积为主。凹陷中央区沉积半深、深湖相。上升萎缩期：整个研究区广泛发育湖盆后期红色洪积—河流相充填沉积。沉积相序列也有一定特点。且相组合和相序严格受构造运动、“一台一凹一缓坡”的构造格局、古气候、古地形、古水系和古水动力条件等诸多因素的直接控制和综合影响。

4、研究区自身独特的沉积水动力条件，产生了各沉积环境特有的多样化的粒度概率曲线形态，概括起来主要有 8 类曲线，分别为不同的沉积相所具有。

5、元素的分布、富集规律直接受沉积环境、古气候条件和元素迁移能力等因素的控制影响，与一定的沉积相类型密切相关。

本文承成都地质学院李汉瑜教授和我所杨世倬副研究员热情指导并修饰文稿，作者谨此深致谢意。

收稿日期 1989 年 1 月 27 日

### 参 考 文 献

- (1) 地质矿产部情报研究所, 1982, 国外沉积相及古地理资料汇编, 地质出版社。
- (2) 刘宝珺、曾允孚, 1985, 岩相古地理基础和工作方法, 地质出版社。
- (3) 武汉地质学院, 1979, 地球化学, 地质出版社。
- (4) Blisserbach E, 1954, Geol.Soc.Amer.Bull.V.65.P:175-190
- (5) Harms, J.C., 1979, Am.Rev.Earth Planet.Sci.V.7, p.227-248
- (6) Visher, G.S., 1969, J.Sediment.Petrol., V.39, N.3, p.1074-1106

## A SEDIMENTARY FACIES STUDY OF LATE JURASSIC TO EARLY CRETACEOUS EPOCH OF SHIBEI DISTRICT IN JIUXI BASIN, GANSU

Yao Jinfu    Zhu Lianfang

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

### Abstract

This paper deals with the information of sedimentary rocks, primary sedimentary structures, stratigraphic sequence, grain size, fossils, heavy minerals, clay minerals, trace elements and well logging, which have been obtained from Upper Jurassic to Lower Cretaceous in Shibeidistrict is analyzed by synthetical methods including the sedimentologic analysis, geochemical analysis, geophysical and mathematical statistics etc. Seven sedimentary facies types in this area have been identified. They are diluvium fan, fluvial facies, deltaic, shore and shallow lacustrine, deeper and deep-water lacustrine, subaqueous fan and deep-water turbidity fan

facies. These formed in different and closely related sedimentary environments.

Based on these data, it can be seen that due to the characteristics, especially in hydrodynamic condition of Shibe District, narrow facies belt formed and facies change rapidly, even in series of facies belts lack of some one facies. Each of the facies has its own distinctive feature—all of these are evidently different from that of the same kind of sedimentary facies forming in giant basins and vast alluvial plain areas. The fluvial facies in studied area, with fans of braided stream and diluvial characteristics. Most of the deltaic facies in the area are "constructional delta". Subaqueous fan are characterized by proximal, relatively coarser grains in shallow-water environment, and have characters both of alluvial and turbidity deposits. Deep-water environment and turbidity developed in intermittent all of which may be characteristics of facies of turbidity fan. In addition, the shapes of grain-size distribution curve of each facies are quite different. It can be summarized as eight types which can be used as one of the basis of identifying sedimentary facies types.

The results show that Northeast trend Bainan Contemporaneous Faults No.2 & No.3 and Shibe Asymmetric Depression is controlled by these faults and the facies association may depend on which—during the active period diluvial and subaqueous fan developed in the steep bank zone of the depression whereas the fluvial (point bar) and deltaic facies association developed in the gentle slope belt; During the more active stage, subaqueous fan and turbidity fan, deep-water mudstone and shale facies are developed in a belt of steep bank whereas fluvial, deltaic, shore and shallow lacustrine facies may be developed in a gentle slope belt. On the other hand, deep lacustrine facies mainly developed in the central region of the lake. The succession of sedimentary facies has certain regularities. The facies association and succession are controlled strictly by many factors such as tectonism, paleoclimate, paleogeographic, condition of depositional medium.

The author also studies the abundance of trace elements and characteristics of paired ratios, in which the different terrestrial environments being recognize. In the summary, the values of  $V/Ni$ ,  $Sr/Ba$ ,  $Rb/K$  ratio increasing synchronously, however, the values of  $Ni/Co$ ,  $Fe/Mn$ ,  $K/Na$ ,  $Na/Ca$ ,  $Sr/Ca$ ,  $Mg/Ca$  ratio decreasing gradually with the evolution of facies from diluvial to fluvial, delta, shore and shallow lacustrine, deeper and deep lacustrine facies. These provide reference evidences for identifying sedimentary facies.