

民和盆地窑街地区晚侏罗世古河流 环境定量研究

邵树勋¹ 燕永峰²

1. (中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室 贵阳 550002)

2. (昆明理工大学国土系 昆明 650093)

摘要 民和盆地在晚侏罗世时期为冲积相河流沉积。本文在对上侏罗统沉积相研究的基础上,采用 Miall 提出的“结构单元”分析法对河流类型做了一定的研究,并进一步利用 Ethrich、Schumm 等人的系列方程式计算得出了反映古河道几何形态和水动力状态的所有定量参数,从而在定量的角度确定了古河流环境演化特征。研究结果表明:晚侏罗世时期从早到晚,古河流演变规律是:冲积扇型河→辫状河→冲积扇型河流→中弯度曲流河→高弯度曲流河。

关键词 民和盆地 古河流 结构单元 水文参数

晚侏罗世 定量研究

古河流沉积环境的研究要从传统的定性描述研究向定量计算方向发展,就必须把先进的数学理论方法引进沉积学领域。例如马尔可夫数学模拟方法在沉积相研究中的广泛应用,计算机技术在盆地演化模拟中的应用等皆极大地推动了沉积学的发展。本文将 Miall^[1,2]的“结构单元”分析法和 Ethrich、Schumm 等人^[3,4]的系列方程式计算法引用于民和盆地河流沉积环境的研究,取得了很好的效果,准确地确定了河流演化的类型,计算出了反映古河道几何形态和水动力状态的所有参数,从定量的角度确定了民和盆地晚侏罗世河流环境的演化特征。

1 沉积构造背景

民和盆地是典型的中生代陆相含煤、含油气盆地。其大地构造位置处于中祁连隆起带东南部。该盆地基底由前寒武纪变质岩系所构成,自侏罗纪开始断裂下陷,接受了 1 800~7 000m 厚的中生代沉积,下侏罗统主要为河流相砂砾岩沉积,中侏罗统主要由湖泊沼泽相含煤及油页岩岩系所组成,上侏罗统沉积是冲积扇相河流沉积。盆地具有明显的山间盆地性质,明显的分割性,可划分为南部巴州坳陷、北部永登坳陷、中央隆起三个次一级构造单元^[5],研究区就位于盆地内中央

隆起西端边缘的山前坳陷地带窑街地区(图 1)。

2 享堂组(J_{3x})沉积演化特征

关于享堂组(J_{3x})沉积演化特征的论述作者已于 1997 年在沉积学报上发表,故在此不做详细的阐述。侏罗统沉积享堂组,自下而上可划分为灰绿色砾岩相(J_{3x1})段、杂色砂岩夹泥岩段(J_{3x2})、红色砂岩夹泥岩段(J_{3x3})三个岩性段。作者通过对该套沉积层序的马尔可夫链数学模拟分析,并结合粒度、成分、结构、沉积构造等诸方面沉积特征资料综合研究得出侏罗统沉积享堂组是冲积扇相、河流相沉积(图 2)^[6]。J_{3x1}段为山前冲积扇相沉积(图 2A);J_{3x2}下亚段为辫状河流相沉积(图 2B);J_{3x2}上亚段为冲积扇相沉积(图 2C);J_{3x3}段为曲流河相沉积(图 2D)。

3 河流类型

笔者引用了 Miall^[1]的“结构单元”分析法研究了窑街地区晚侏罗世河流演化类型。Miall 认为“结构单元”就是将原来原始沉积组合与其几何形态相结合,河流沉积可以归纳为 8 种标准的“结构单元”,用这 8 种标准的“结构单元”可以解释所有的河流沉积,每一种河流沉积可由一、二种或多种结构单元组成。我们发现,当用这种方法描述一个地区的河流沉积时,不需要引用众多的岩相就可以很好地识别该地区的沉积模式,比用相模

式研究河流简单得多, 因此, 这种方法可以简化河流沉积的分析。

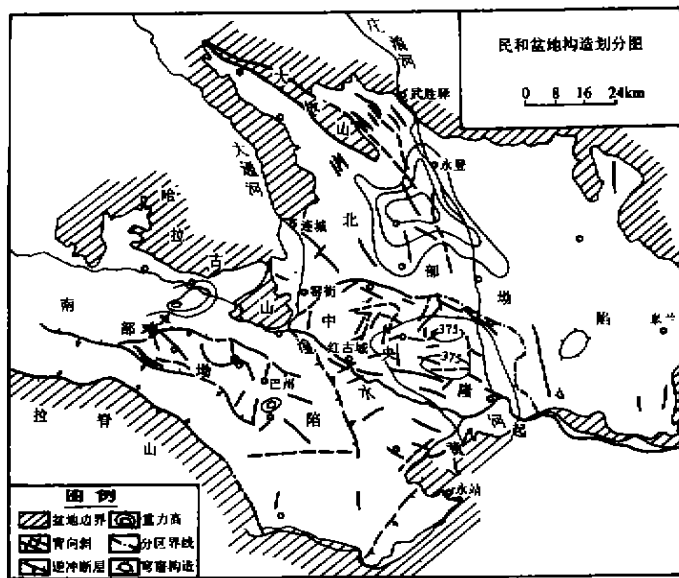


图 1 民和盆地构造单元划分图^[5]

Fig. 1. Division of the tectonic units in the Minhe Basin.

3.1 河流沉积“结构单元”

本文根据研究剖面所收集的岩性、沉积构造、空间产状地质资料, 按照 Miall 的几种“结构单元”划分方法^[2], 划分出下述 8 种“结构单元”。

(1) 暂时性河床充填结构单元(GB): 出现在冲积扇相顶部, 为冲积扇顶部暂时性河道充填沉积体。沉积物主要由块状砾岩组成, 其几何形态为透镜状, 具上凹侵蚀基底(图 2A、C)。

(2) 暂时河床间沉积结构单元(LS): 为冲积扇顶部水道间微相沉积, 沉积物主要是中细砂和粉砂, 砂体中平行层理特别发育, 其几何形态为板状、席状, 沉积体内常见冲刷面(图 2A、C)。

(3) 大前积层形体结构单元(FM): 为辫状河心滩亚相沉积单元, 是河床基底大型上凹侵蚀面之上的底凸上平透镜状砂体,

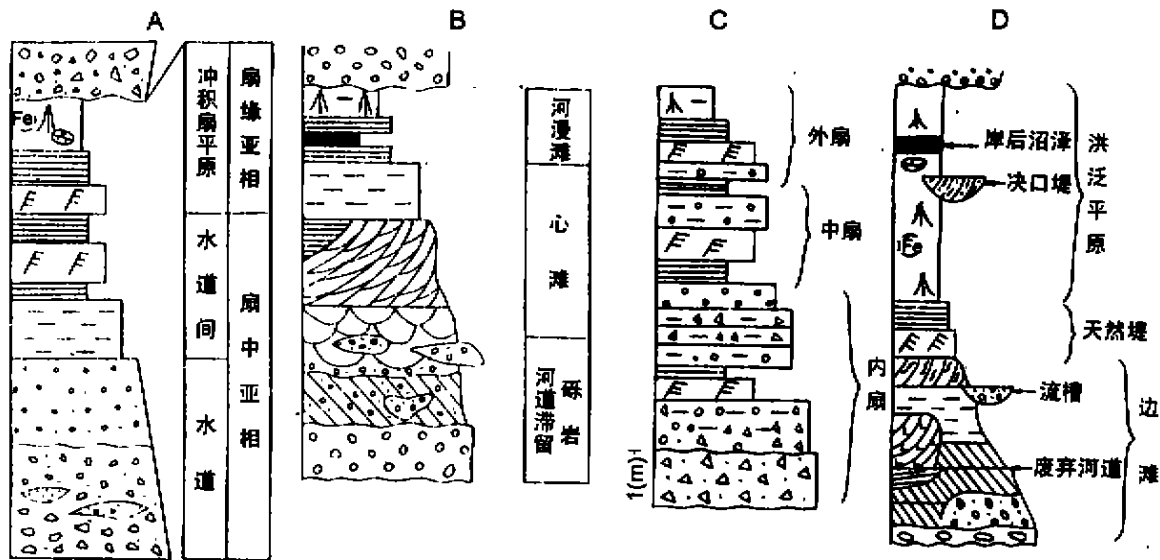


图 2 享堂组(J_{3x})沉积相演化模式

Fig. 2. The evolution model of sedimentary facies of the Xiangtang Formation (J_{3x})

从下往上由滞留砾岩、砂质砾岩、含砾砂岩及砂岩组成。沉积构造下部主要发育大型板状、槽状交错层理, 上部发育小型板状、槽状及平行层理(图 2B)。

(4) 侧向加积结构单元(LA): 为曲流河点砂坝, 是平坦或上凹侵蚀基底之上的透镜状砂体。

砂体向上变细特征十分明显, 下部主要由中、细砂岩组成, 以发育大型板状交错层理为特征; 上部主要由粉砂及泥质细砂组分组成, 发育各种小型板状、槽状交错层理及平行层理和水平层理(图 2D)。

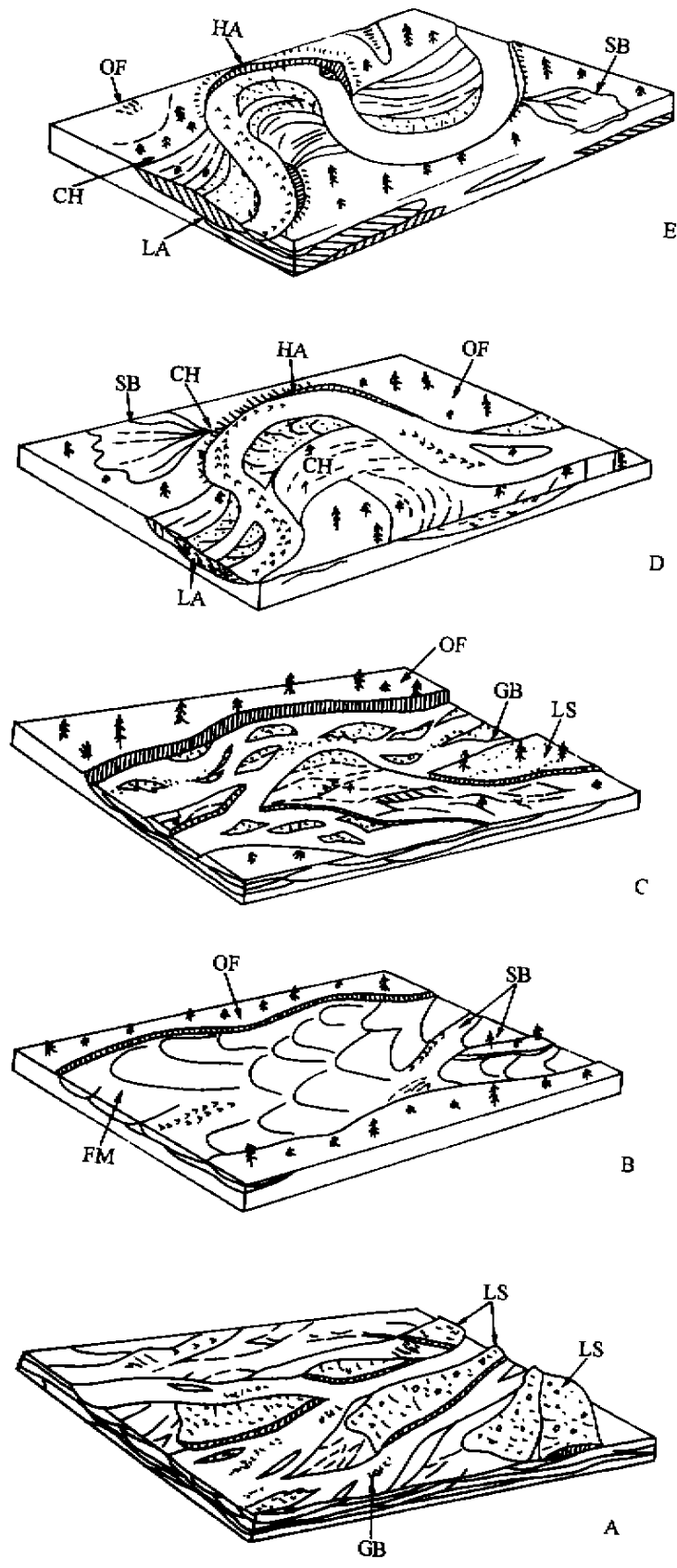


图 3 民和盆地晚侏罗世时期河流沉积演化模式

Fig. 3 The evolution model of Late Jurassic fluvial sediment in the Minhe Basin.

(5) 垂向加积结构单元(HA):为曲流河天然堤亚相沉积。沉积体几何形态为带状,主要由粉砂质泥岩和泥质岩的韵律互层组成。沉积构造组合为弱水动力状态下的小型板状层理,上攀爬升层理,波纹层理和水平层理组合(图2D)。

(6) 砂质床砂形体结构单元(HA):以决口扇小型砂坝形式出现在曲流河边滩亚相。砂体为透镜状、楔状,沉积物主要是细砂、粉砂。其特征是砂体出现在大套泥岩中,具侵蚀基底面(图2B、D)。

(7) 河道充填结构单元(GH):呈流槽坝、串沟形式出现,透镜状、楔状(图2B、D)。

(8) 越岸沉积结构单元(OF)席状,为河漫滩或洪泛平原亚相沉积,沉积物主要由粉砂质泥岩和泥岩组成(图2D)。

3.2 河流沉积模式

研究剖面从下往上不同层段河流沉积体系的结构单元组合类型代表不同的河流沉积模式^[1]。笔者根据剖面的结构单元组合类型划分出以下5种河流沉积模式(图3),即有5种河流类型。

(1) 冲积扇河流沉积模式(图3A、C):发育在 J_3x_1 段和 J_3x_2 上亚段,其沉积体系 J_3x_1 段的冲积扇河流沉积由GB和LS结构单元构成,块状砾岩、砂质砾岩呈透镜状充填在河道中,河道两侧为板状、席状中细砂、粉砂岩与泥岩的韵律层(图3A)。 J_3x_2 上亚段河流沉积模式不同于 J_3x_1 段的特征是其沉积体系由GB、LS和OF结构单元构成,沉积体系中细粒组分较前者多,还有越岸沉积OF结构单元(图3C)。

(2) 砂质辫状河流沉积模式(图3B):发育在 J_3x_2 下亚段,由FM、SB、OF结构单元构成,河道底部为具槽状交错层理的砂丘所占据,上部为各种小型交错层理及平行层状砂岩。

(3) 中弯曲河流沉积模式(图3D):发育在 J_3x_3 下亚段,由LA、SB、HA、OF结构单元构成,其中曲流砂坝LA占的比例大,细粒组分占三分之二以上,向上变细特征十分明显。

(4) 高弯曲河流沉积模式(图3E):发育在 J_3x_3 上亚段,由LA、HA、OF、CH结构单元构成,与上一模式相比,侧向加积单元LA明显变细,堤岸沉积HA和OF特别发育,占整个体系的五分之四以上。

4 古河道形态和古水流参数计算

4.1 已知参数的确定

计算古河道形态和古水流参数需要下列基本参数^[3,4]:① W —满岸流宽度;② D —深岸流深度;③ S_c —粉砂和泥在河道沉积中的百分含量;④ S_b —粉砂和泥在河岸沉积中的百分含量。

S_c 和 S_b 可以通过薄片统计和粒度分析获得,河流深度的测定,不同河流类型采用不同的方法:①冲积扇型河流的最大深度是透镜状砾岩最大厚度;②辫状河流根据斜层理层系厚度计算河水深度,计算公式为: $\lg D = 0.827 \lg H_m + 0.890$,式中 D 表示水深, H_m 为斜层系厚度^[7];③曲流河边滩交错层系组的厚度,大致相当于最大深度^[7];④Allen^[8]认为 ϵ 交错层理的宽度就代表满岸河流的宽度,或者两点砂坝宽度的2/3作为河道的满岸宽度,河道宽度由此确定。

4.2 古河道形态和古水流参数计算结果

将上述4个已知参数代入的系列方程式^[3,4](表1)中就可计算出反映古河道形态和古水流特征的参数(表2),从而进一步从定量角度反映了河流演化特征。

5 河流演化特征

根据上述河流参数计算结果(表2),研究区晚侏罗世河流演化类型及其定量特征如下:

(1) 冲积扇型河流:发育在 J_3x_1 段和 J_3x_2 上亚段,其河道窄深($F=12$),几乎无弯曲($P<1.2$),坡降陡, S 在32.16~34.22m/km范围内,水流急, V 在5.22~8.38m/s范围内,推移荷载方式搬运(床砂荷载含量 $B_p>13\%$)。由以上数据可推知此种河流类型为发育在冲积扇顶部的暂时性河流。

(2) 低弯曲度辫状河流:发育在 J_3x_2 下亚段,河道宽深比大($F=60$),弯曲度 P 为1.23,坡度 S 为18.75。推移质方式搬运为主(床砂荷载含量 $B_p=12.65\%$),水流急($V=4.53$ m/s)。

(3) 中弯曲度曲流河:发育在 J_3x_3 下亚段,河道宽/深率较小($F=15.80$),弯曲度 $P=1.67$,河道坡降较缓($S=15.02$ m/km),水流缓慢($V=3.73$ m/s)。沉积荷载参数较大($M=10.83$),混合荷载搬运方式。

表 1 计算古河流河道几何形态和水文参数的系列方程式

Table 1. The equations of calculating the parameters reflecting characteristics of the channel geometry and hydrology of ancient rivers

变量	代号	单位	方程号	方程式	来源	备注
沉积负荷参数	M	%	(1)	$M = \frac{S_c \times W + S_b \times 2}{N + 2D}$	Schumm, 1960	M : 河床和河岸沉积物中的粉砂和泥的百分含量
宽/深比率	F		(2)	$F = 255M^{-1.08}$	Schumm, 1960	
弯曲度	P		(3)	$P = 3.5^{-0.27}$	Schumm, 1963	
年平均洪水量	Q_{ma}	立方英尺/秒	(4)	$\lg Q_{ma} = 0.268 + 0.969 \lg M - 1.387 \lg W$	Cotter, 1971(修改 Schumm)	P : 河道长度与河谷长度之比
年平均流量	Q_m	立方英尺/秒	(5)	$Q_m^{0.38} = WM/0.37/37$	Schumm, 1968	
河道坡度	S	英尺/英里	(6)	$S = 60M^{-0.38} Q_m^{-0.32}$	Schumm, 1968	
河道波长	L	英尺	(7)	$L = 1890 Q_m^{0.34/0.74}$	Schumm, 1968	
流动速度	V	英尺/秒	(8)	$V = (1.49/\pi) R^{2/3} S^{1/2}$	Cotter, 1971	水力半径 R 近似等于水深, n 为粗糙系数 =
流域(面积)	A_d	平方英里	(9)	$A_d \approx Q_m$	Eichor, 1969	水深, n 为粗糙系数 =
河流长度	L_r	英里	(10)	$L_r = 1.4 A_d^{0.6}$	Hack, 1957	0.025 河流长度是从
弯曲半径	R_m	英尺	(11)	$R_m = 2.7 W^{1.1}$	Laopi 和 Wolman, 1960	河流出口处到分叉处的
床砂载荷百分含量	B_p		(12)	$B_p = 55/M$	Schumm 1968	的距离

注:原系列方程式中均使用英制单位,表 1 中未换算

表 2 民和盆地晚侏罗世时期古河流演化参数

Table 2. The parameters of fluvial evolution in the Minhe Basin

参数	代号	单位	J_3x_1 段	J_3x_2 段		J_3x_3 段	
				下亚段	上亚段	下亚段	上亚段
河流深度	D	m	2.5	1.5	2.0	1.73	0.22
河流宽度	W	m	30	90	25	27	5.90
河道沉积中的粉砂和泥的百分含量	S_c	%	3	4	4	6	9
河岸沉积中的粉砂和泥的百分含量	S_b	%	10	50	20	95	100
沉积负荷参数	M	%	3.29	4.67	3.97	10.83	17.14
宽/深比率	F		12	60	12.5	15.13	7.20
弯曲度	P		1.10	1.23	1.17	1.67	2.05
年平均洪水量	Q_{ma}	m ³ /s	194.92	1810.70	295.12	537.32	107.15
年平均流量	Q_m	m ³ /s	1.39	43.65	1.36	4.47	0.13
河道坡度	S	m/km	34.32	18.75	32.16	15.02	14.15
河道波长	L	m	878.86	2297.27	757.37	538.15	115.53
流动速度	V	m/s	8.38	4.53	5.22	3.73	3.20
流域	A_d	km ²	1.39	43.65	1.36	4.47	0.13
河流长度	L_r	km	1.70	13.49	1.68	3.44	0.41
弯曲半径	R_m	m	113.81	381.09	93.13	101.14	19.02
床砂载荷含量	B_p	%	16.72	12.64	13.85	5.08	3.21

注:计算时将英美制换算成了公制单位

(4) 高弯度曲流河:发育在 J_3x_3 下亚段,河道宽/深率最小($F = 7.20$),弯曲度 $P > 2.0$, 坡降极缓($S = 14.15m/km$),水流最慢($V = 3.20 m/s$)。沉积负荷参数大($M = 17.14$), 悬移搬运方式。

总之,民和盆地窑街地区晚侏罗世时期从早到晚河流演变规律是:冲积扇型河流→辫状河流→冲积扇型河流→中弯度曲流河→高弯度曲流河。

6 结果与讨论

晚侏罗世时期,民和盆地河流演化总的规律是: J_3x_1 段冲积扇型河流→ J_3x_2 下亚段辫状河流→ J_3x_2 上亚段冲积扇型河流→ J_3x_3 下亚段中弯度曲流河→ J_3x_3 上亚段高弯度曲流河。

河道几何形态及水文参数计算结果表明:河道坡度、深度、水流量皆越来越小,说明河流演化规模是逐渐变小的趋势,这是由于随着时间的推

移,气候越干旱,降雨量越往后越少的缘故。而河流弯曲度逐渐增加,坡度降低,沉积负荷参数逐渐变大,说明河流发育环境由早期的山前坡地向晚期的盆地平原环境演化。

沉积相及河流演化特征表明:民和盆地在晚侏罗世时期,一直处于沉降状态,中期突然加快,晚期相对处于平稳状态。

参 考 文 献

- 1 Miall A D. new fluvial sedimentary analysis method-architecture element analysis method. *Earth Science Review*, 1985, 33:261~308
- 2 Miall A D. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits system of the Kayenta Formation (Lower Jurassic) Southwest Colorado. *Sedi. Geol.*, 1988, 55:233~262
- 3 Ethridge F G and Schumm S A. Reconstructing paleochannel morphologic and flow characteristics: methodology, limitation and assessment. In: Miall A D, ed. *Fluvial Sedimentology*, 1978, 703~721
- 4 Edwards M B. Palaeochannel Geometry and flow patterns determined from Exhumed Permian point bars in Central North, Texas. *Jour. of Sedio. Petro.*, 1983, 53(4):1261~1270
- 5 彭作林,陈笑玉.西北含油气区大地构造发展的基本特征.石油地质论文集,中国科学院兰州地质研究所,兰州:兰州大学出版社,1982.
- 6 邵树勋.民和盆地窑街地区上侏罗统沉积相的马尔可夫链数学模拟.沉积学报,1997,15(增刊):127~132
- 7 刘宝珺.沉积岩石学.北京:地质出版社,1985.
- 8 Allen J R L. Studies in fluvial sedimentary: bars, bar-complexes and sand sheets in the Brownstones, Welsh Border. *Sedimentary Geology*, 1983, 33:237~239

QUANTITATIVE STUDY OF LATE JURASSIC ANCIENT RIVERS IN YAOJIE AREA, MINHE BASIN

Shao Shuxun

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

Yan Yongfeng

(Institute of Geology and Mineral Resources, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093)

Abstract: The Minhe Basin is one of the typical land basins containing coal, oil and gas. The study area—the Yaojie area sank at Jurassic, where sediments are fluvial sediments of Late Jurassic. On the analytical basis of sedimentary facies, this paper quantitatively deals with the characteristics of the channel geometry and hydrology of ancient rivers, and the evolution types of the rivers by using the analysis method of architecture elements.

The results have indicated these quantitative parameters reflecting the characteristics of ancient rivers, including width/depth ratio (F), sinuosity index (P), bed load percent content (B_p), annual flow discharge (Q_{na}), annual load discharge (Q_m), velocity of flow (V), sedimentary load parameter (M) and so on, reveal a general law, i. e., fluvial river→braid river of low sinuosity→middle sinuosity river→high sinuosity river.

Key words: Minhe Basin; ancient river; architecture elements; ancient river parameter