

文章编号: 1000-0550(2009) 02-0254-11

豫西济源中三叠世油房庄组曲流河岩相类型及沉积相分析

齐永安 张洲 周敏 郑伟

(河南理工大学资源环境学院 河南焦作 454000)

摘要 豫西济源中三叠世油房庄组下部发育曲流河沉积,以细砂、粉砂和粉砂质泥岩为主,局部含泥砾和粗砂岩。根据 Miall 的岩相分类法,油房庄组发育有 17 种岩相,主要有 St_s Sp_s Sws Fl Fx Fc Ch 和 Cr 等,可归纳为代表曲流河不同发展阶段的 7 种岩相组合类型。根据岩相类型和沉积构造特征,曲流河沉积识别出 3 个沉积亚相和 8 个沉积微相,其中河道亚相包括河道滞留沉积微相和边滩沉积微相;堤岸亚相包括天然堤沉积微相和决口扇沉积微相;洪泛平原亚相由近端洪泛平原沉积微相、远端洪泛平原沉积微相、永久性河漫湖泊微相和暂时性河漫湖泊微相组成。研究区河流曲率 P 为 0.64 属于低弯度曲流河沉积。

关键词 油房庄组 中三叠世 岩相 沉积相 曲流河沉积

第一作者简介 齐永安 男 1963 年出生 博士 教授 遗迹学与沉积学 E-mail: qiy@hpu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

研究区域位于河南省济源市承留镇境内(图 1)。济源中生代盆地位于太行山南端,南以嵩山为界,西连岱崮寨隆起,东以武陟凸起与中牟凹陷相隔,整个盆地呈东西向展布,充填三叠系及下、中侏罗统河湖相碎屑沉积物^[1]。下、中三叠统二马营组和油房庄组仅在济源盆地北部分布(图 1 中的暗色区域),为一套紫红色河流相沉积;上三叠统在济源盆地内广泛分布,下部称椿树腰组,由黄绿色河流相沉积组成;上部称谭庄组,该组中下部为河流相沉积,上部以湖泊相细粒沉积为主。下侏罗统称鞍腰组,由湖泊深水浊流沉积组成;中侏罗统下部为杨树庄组,属滨浅湖相沉积;上部为马凹组,由辫状河沉积物组成。

对济源上三叠统的研究已有多年的研究历史,前人从河流沉积体系、遗迹化石和古土壤等方面对其进行了详细的研究。如上三叠统椿树腰组和谭庄组下段为曲流河沉积,发现了以水平进食和垂直居住潜穴为特征的 *Scoyenia*-*Stip sellus* 遗迹化石组合^[2];谭庄组下段河流沉积体系划分为高弯度曲流河沉积体系与低弯度暂时性河流沉积体系两种类型^[3],发现 *Stip sellus* 遗迹组构^[4];谭庄组上段为浅湖沉积环境,发育 *Skolithos linearis* 组合,受强烈季节性气候影响,可以用潘加亚巨型季风影响的设想模式解释^[5];椿

树腰组和谭庄组所赋存的古土壤,对于地层对比、层序地层学研究、盆地和沉积环境分析等方面有着很好的应用价值^[6]。济源中三叠统油房庄组上部滨浅湖沉积中发现 *Skolithos* 遗迹相和 *Scoyenia* 遗迹相^[7];油房庄组古土壤形成时期的古气候比谭庄组更趋于高温干旱环境^[8]。济源晚三叠世河流沉积在温暖潮湿气候条件下形成,为温暖潮湿和干旱气候条件下河流沉积环境中遗迹化石在组成上的差异提供了很好的证据^[9]。尽管前人对济源中、上三叠统沉积特征和遗迹化石进行过诸多研究,但对中三叠统油房庄组河流沉积岩相类型及沉积相还未做过详细分析。

1 岩相类型

研究区油房庄组主要以灰黄色、灰绿色细砂岩、粉砂岩和紫红色粉砂质泥岩为主,局部含叠瓦状泥砾、粗砂和中砂岩,整个剖面厚 414.58 m。发育有丰富的沉积构造,主要以楔状交错层理、平行层理为主,其次为强水动力条件的槽状交错层理、板状交错层理和弱水动力条件的缓波状层理、水平层理。生物潜穴发育,主要见于洪泛平原沉积环境,在边滩沉积和天然堤沉积中也有少量发育。

根据 Miall 的岩相分类方法^[10],结合研究区的岩石结构、沉积构造特征,共划分出 17 种岩相类型(如表 1)。

¹ 国家自然科学基金项目(批准号:40572012),科技部重大基础研究专项(批准号:2005CCA05000)和河南省高等学校创新人才基金联合资助。
收稿日期:2008-06-04 收修改稿日期:2008-07-28

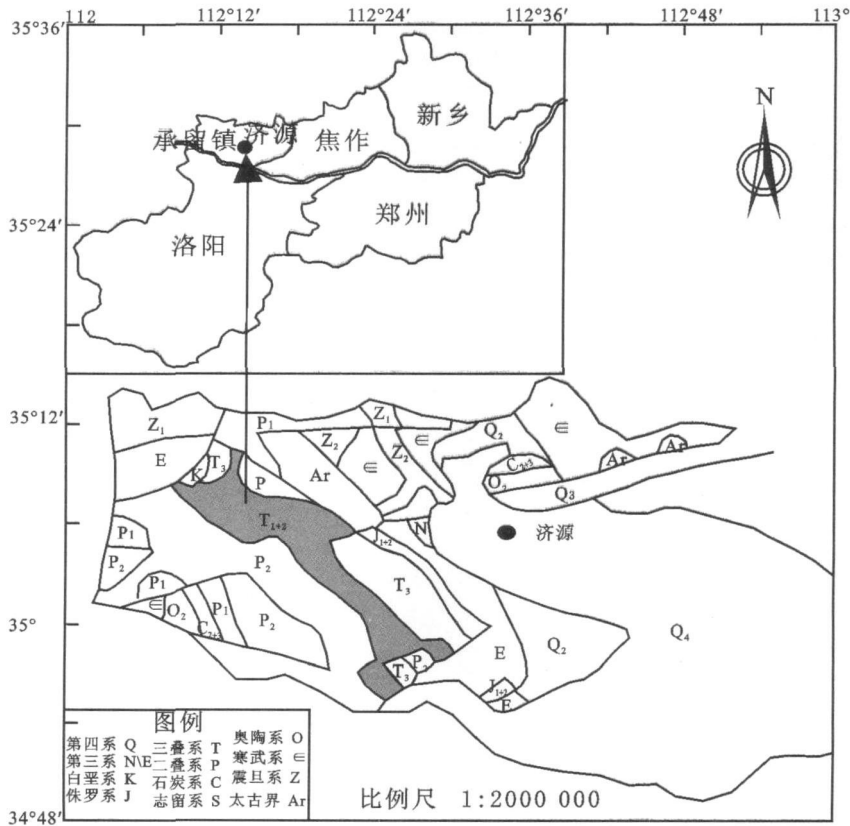


图 1 豫西济源中生代盆地地质分布图

Fig. 1 The geological distribution of Jiyuan Mesozoic basin, western Henan

根据上述 17 种岩相类型和每种岩相所代表的环境意义, 可以将其分为成三大沉积微相类型: 河道、洪泛平原和决口扇沉积为主的类型。

2 曲流河沉积相特征

根据岩相类型、岩相组合、内部几何形态、外部几何形态和垂向剖面特征, 油房庄组曲流河沉积包括 3 个沉积亚相和 8 个沉积微相: (1)河道亚相: 包括河道滞留沉积微相、边滩沉积微相; (2)堤岸亚相: 包括天然堤沉积微相、决口扇沉积微相; (3)洪泛平原亚相: 包括近端洪泛平原沉积微相、远端洪泛平原沉积微相、永久性河漫湖泊微相和暂时性河漫湖泊微相。

2.1 河道亚相 (Sc)

2.1.1 河道滞留沉积微相 (Sl)

河道滞留沉积也称为河床沉积。研究区河道滞留沉积主要由 G_{sm} 岩相组成, 仅出现在整个河流相序的底部, 岩层厚度为 0.95~3.50m, 是在河流量最高峰时沉积物被短距离搬运的产物, 由于流水冲刷与分选作用, 细粒物质不断被带走, 粗粒物质残留在河床底部较深部位, 位于河流沉积剖面的底部, 向上逐

渐过渡到边滩沉积。G_{sm} 岩相中出现的砾石主要为紫红色泥砾, 含少量黄色和灰绿色石英砂岩砾, 泥砾呈叠瓦状分布, 倾向 23°, 倾角在 10°左右, 泥砾长 2~14 cm, 宽 0.2~3.8 cm, 泥砾分选较好、磨圆中等。

河流砾石沉积常被认为是重建古河流环境的重要标志。砾石的形状大小可用于估算当时的河流强度、搬运距离等; 砾石的岩性分布可以帮助解释河流区域的地质条件, 如近物源、构造活动等; 砾石的排列方向是可靠的古河流方向的指示标志。(1)砾石呈叠瓦状排列、倾角在 10°左右, 说明该区域一定是稳定的河流沉积环境。因为在湍急的河流中, 砾石排列方向不同, 最大扁平面或者向物源倾斜, 或者与水流方向一致; 在洪水期密度很大的混浊河流中, 砾石不出现叠瓦状构造, 多以直立状排列为特征。研究区域有两处地方出现泥砾沉积, 泥砾颗粒分布很明显, 在最底层分布的颗粒比上层分布的颗粒要大, 磨圆度相对也要差, 上层泥砾呈近水平状断续顺层排列且倾角多为 8°, 说明底层距离物源区较近, 由于河流的搬运导致上层泥砾的形状大小及排列与底层有所不同。一般搬运距离越远, 岩石的磨圆度越好, 但是在实验

表 1 济源盆地油房庄组岩相类型

Table 1 The types of lithofacies in Youfangzhang Fm. in Jiyuan Basin

岩相代码	岩相类型	沉积构造	结构构造描述
G _{sn}	含泥砾细砂岩	楔状交错层理、平行层理	灰黄(绿)色, 中—厚层状细砂岩, 泥砾多为紫红色, 含少量黄色、灰绿色砾岩, 砾石倾角在 10 度左右、呈叠瓦状排列、磨圆中等、分选较好。代表强水动力条件, 河道滞留沉积微相(图版 iv-1)。
St _g	槽状交错层理粗砂岩	大型槽状交错层理	浅肉红色、浅灰色, 厚层状, 常与平行层理共生, 层面有植物根迹。研究区域只出现大型槽状交错层理, 槽状半弧长 100 cm、宽 30 cm 左右, 代表强水动力条件, 边滩沉积微相(图版 iv-2)。
S _{tm}	板状交错层理中砂岩	板状交错层理	灰黄色, 厚—巨厚层状, 层系组厚 4~80 cm, 在研究区域只出现于中砂岩中, 岩层中有时夹薄层紫红色粉砂质泥岩, 与平行层理和楔状层理共生, 水动力条件较大, 边滩沉积微相(图版 iv-3)。
S _{pm}	平行层理中砂岩	平行层理	灰白色、灰黄色、浅肉红色, 薄—巨厚层状, 常与楔状交错层理共生, 层面有水平生物潜穴。代表强水动力条件, 边滩沉积微相(图版 iv-4 5)。
S _{wm}	楔状交错层理中砂岩	楔状交错层理	灰白、灰黄色、浅肉红色, 薄—巨厚层状, 层系组厚 5~60 cm, 为低角度楔状交错层理, 层理形态有规则状、弯曲形和不规则状, 代表较强水动力条件, 天然堤和边滩沉积微相(图版 iv-4)。
S _{ts}	槽状交错层理细砂岩	槽状交错层理	浅黄色、灰黄色和黄色, 薄—厚层状。由槽状层理的弧长和宽度, 可划分为大型槽状层理(弧长 320 cm、宽 90 cm)和小型槽状层理(弧长 50 cm、宽 20 cm), 层面有少量生物潜穴, 代表强水动力条件, 边滩沉积微相。
S _{ps}	平行层理细砂岩	平行层理	灰黄色、灰绿色、灰白色和土黄色, 薄—巨厚层状, 出现的沉积环境较广泛, 生物潜穴较发育, 代表较强水动力, 边滩、决口扇沉积微相。
S _{ws}	楔状交错层理细砂岩	楔状交错层理	灰黄色、灰绿色, 薄—中厚层状, 属低角度楔状交错层理, 分布的沉积环境较广泛, 常与平行层理共生, 层理规模大小不一。代表较强水动力, 边滩、决口扇和洪泛平原沉积微相。
S _{rs}	缓波状层理细砂岩	缓波状层理	浅灰色、灰黄色, 薄—中厚层状, 有断续和连续波状层理, 有垂直与水平生物潜穴及植物根迹, 出现于河流决口扇与洪泛平原沉积微相, 出现频率较低, 代表较弱水动力(图版 iv-6)。
S _n	块状细砂岩	块状层理	灰黄色、灰绿色、浅灰色和灰白色, 薄—中厚层状, 由较快的沉积速率形成。在边滩环境中, 发育大量生物潜穴; 在天然堤环境中, 层面有少量生物潜穴, 大量植物根迹。大部分出现于研究区域曲流河晚期阶段的决口扇沉积微相, 呈透镜状出露地表, 常夹有紫红色粉砂质泥岩。洪泛平原沉积微相也可见到。
F _h	水平层理粉砂岩	水平层理	灰绿色、灰黄色和灰白色, 多为薄层状、较少的中厚层状, 常与缓波状层理共生。砂岩发育大量生物潜穴, 有弯曲管状、水平、斜交、垂直居多, 生物扰动较强, 出现植物根迹。代表弱水动力条件, 洪泛平原沉积和决口扇微相。
F _r	缓波状层理粉砂岩	缓波状层理	浅灰色、灰绿色, 薄—中厚层状, 连续和断续波状层理, 生物潜穴比较发育, 出现植物根迹, 代表弱水动力条件, 决口扇、洪泛平原沉积微相(图版 ⑤-1)。
F _m	块状粉砂岩	块状层理	灰白、灰绿色, 薄—中厚层状, 由较大沉积速率形成, 有时可见大量钙质纹层、少量结核和根模, 生物潜穴发育与层面高角度斜交居多、有垂直、水平、弯曲和分叉合并, 多被紫红色粉砂质泥岩充填, 决口扇、洪泛平原沉积微相。
F _c	粉砂岩与粉砂质泥岩互层	缓波状层理、水平层理	粉砂岩有灰黄色、灰绿色、绿色和灰白色, 薄—中厚层状, 出现缓波状层理和水平层理, 发育生物潜穴。紫红色粉砂质泥岩呈薄—中厚层状, 代表了氧化环境, 有大量钙质结核(姜状、豆状等), 可见钙质纹层、水平层理和缓波状层理, 是典型的洪泛平原沉积微相特征(图版 ⑤-2)。
G _m	块状粉砂质泥岩	块状层理	常呈紫红色、少量灰绿色, 纹层状—巨厚层状, 由较大沉积速率形成, 主要出现于洪泛平原沉积环境, 有时在边滩沉积环境的砂岩中夹薄层块状粉砂质泥岩, 边滩和洪泛平原沉积微相。
Ch	水平层理粉砂质泥岩	水平层理	紫红色, 薄—巨厚层状, 泥岩中常见大量生物潜穴, 有垂直、水平、弯曲和斜交等, 出现钙质结核和根模, 代表弱水动力条件, 洪泛平原沉积微相(图版 ⑤-3, 4)。
Cr	缓波状层理粉砂质泥岩	缓波状层理	紫红色, 薄—巨厚层状, 常与水平层理共生, 出现于洪泛平原沉积环境, 有大量生物潜穴和钙质结核, 结核多为同层生长, 根模较少, 代表弱水动力条件, 洪泛平原沉积微相。

室的研究下显示, 磨圆度在开始搬运的几公里以内增加很快, 当水动力很快达到平衡时它只是作为判断河

流搬运距离的一个参数^[11]。由于研究区域的砾石分选性较好、磨圆度中等, 岩层厚度在 0.95~3.50m 之

间,可以判断砾石的搬运距离较远。(2)砾石主要是以紫红色泥砾为主,含少量黄色和灰绿色砾岩。说明河流距物源区较近,供给区缺少砂质物质,而泥物质较多,紫红色泥岩有可能来自裸露而成岩的下伏紫红色泥岩层。(3)由于砾石的扁平面比它的长轴能更好地用来确定古河流的流向,所以区域内呈叠瓦状排列砾石的最大扁平面倾向为河流的上游。

2.1.2 边滩沉积微相 (Pb)

边滩沉积又称为点砂坝沉积,是河床侧向迁移作用的产物。研究区内发育的边滩沉积属曲流河相序中的细边滩沉积,是研究内的主要沉积微相。该微相主要由 S_{tg} S_m 、 S_{pm} 、 S_{wm} 、 S_{ps} S_{ws} 和 S_m 组成。研究区域内,在曲流河体系的早期阶段,边滩沉积相序为中下部常为楔状交错层理、平行层理,有时可见板状交错层理,上部为块状层理,岩石粒度从粗(或中、细)砂逐渐过渡到粉砂岩。在底部的粗粒砂岩中间,有时可见少量薄层的 C_m 岩相,应是在强水流条件下带来的悬浮泥突然间快速沉积形成。砂岩层厚为 8.6 ~ 11.8 m。在曲流河体系的中期阶段,边滩沉积微相主要以槽状交错层理和平行层理为主,代表了研究区域最强的水动力条件,说明曲流河当时处于发展的壮年期。岩石颗粒从粗砂逐渐过渡到细砂,层理规模相对较大。岩层厚度为 5.5 ~ 13.06 m,砂岩厚度达到最大。在曲流河体系的晚期阶段,边滩沉积以楔状交错层理、平行层理和缓波状层理为主,缓波状层理的出现说明水动力开始转弱。岩石颗粒为细砂,没有出现粗砂和中砂。岩层厚度为 4.0 ~ 11.15 m,砂岩厚度总体开始变薄。

研究区边滩沉积的顶部岩石粒度相对较细,大量发育生物潜穴和植物根模,说明水浅、流速较缓,易于生物掘穴活动和一些灌木生长。古河流宽度取决于河流大小,近似等于边滩沉积的侧向长度^[14]。研究区边滩沉积的厚度在 4.0 ~ 13.06 m 之间,所以推测当时河流最深在 13.06 m 左右,最浅为 4.0 m。

2.2 堤岸亚相 (Lf)

2.2.1 天然堤沉积微相 (Nl)

天然堤是由于洪水期河水漫越河岸,当河水流速降低时,携带的大量悬浮物质在岸边很快沉积下来。天然堤沉积微相由 S_{wm} 和 S_m 岩相组成,底部是细砂岩,与边滩沉积不易区分,上部由细砂岩逐渐过渡到洪泛平原沉积的粉砂质泥岩。研究区内能明确识别出的天然堤沉积只有一处,细砂厚 0.53 m,灰黄色,呈块状层理,说明沉积速率很高,层面有少量生物潜

穴和大量植物根模。

2.2.2 决口扇沉积微相 (Cs)

决口扇沉积在研究区内比较发育,特别在曲流河体系的晚期,主要由 S_{ps} S_{ws} S_{rs} S_m 、 F_x F_h 和 F_m 岩相组成,岩石粒度主要为细砂岩和粉砂岩,平面上均呈透镜状产出,侧向连续性差,逐渐变薄至尖灭。在河流上游阶段,决口扇沉积发育较少且只有粉砂岩出现,发育水平层理、缓波状层理和块状层理,岩层厚度 0.18 ~ 2 m;在曲流河体系的中晚期阶段,决口扇沉积大量发育,沉积相序包括三类:仅发育细砂岩、或下部为细砂岩上部为粉砂岩、仅发育粉砂岩。细砂岩中发育平行层理和楔状交错层理,粉砂岩发育水平层理和缓波状层理,岩层厚度 0.9 ~ 5.9 m。

决口扇沉积中发育大量生物潜穴,以居住迹居多,有弯曲管状、斜交、水平、分叉等,偶尔可见双壳类化石,生物扰动较强,发育植物根模。决口扇沉积从下向上由细砂岩逐渐过渡到细砂岩与粉砂岩混合、最后过渡到粉砂岩,透镜状岩层厚度总体逐渐变厚,说明流经的地势逐渐变缓,地形逐渐平坦,使洪水冲过天然堤的水动能越来越大,导致了决口扇沉积区的岩石颗粒变粗、厚度变厚。

2.3 洪泛平原亚相 (Fp)

洪泛平原沉积是油房庄组下段的主要沉积相,常与决口扇微相交互发育,由 S_{ws} S_{rs} S_m 、 F_h F_x F_m 、 F_c 、 C_m 、 C_h 和 C_r 岩相组成,岩相内主要发育水平层理、缓波状层理和块状层理。紫红色粉砂岩与粉砂质泥岩频繁互层,大量发育生物潜穴、根模和钙质结核,是洪泛平原沉积的典型特征。生物潜穴主要以垂直潜穴为主,主要出现于洪泛平原中的粉砂岩中。植物根模分布无特定的方向,是异地埋藏的产物。钙质结核的形成^[12],是由于洪泛区有相对丰富的水源,沉积物比河道沉积要细,毛细管作用、吸附作用和蒸发作用比较强,使得洪泛沉积物中有大量的钙质结核出现,特别是暂时性河漫湖泊微相的钙质结核较聚集,个头较大,一般在 2.5 cm × 3.5 cm ~ 15 cm × 6.5 cm 之间。研究区任何层段从未发现干裂或雨痕等暴露标志,可见整个洪泛平原沉积很少长期暴露地表,沉积物最多也只是短暂露出水面,但很快就被水体淹没。洪泛平原亚相可识别出四个微相:近端洪泛平原沉积微相 (Cf)、远端洪泛平原沉积微相 (Ff)、永久性河漫湖泊微相 (Pf) 和暂时性河漫湖泊微相 (Tf)。

2.3.1 近端洪泛平原沉积微相 (Cf)

在大的洪水期,洪水携带大量沉积物越过河岸在

洪泛平原上形成颗粒较粗的沉积,为强水动力条件下的产物。沉积物以细砂岩为主,间或有粉砂岩。砂岩层厚 0.2~0.5 m,厚度稳定,侧向延伸距离远,发育平行层理、小型低角度楔状交错层理和缓波状层理。砂层中发育大量遗迹化石 *Psilonichnus* sp. 该遗迹化石与层面垂直或高角度倾斜,呈 S 形、J 形或 I 形,潜穴被动充填为上覆地层的沉积物。该微相与边滩沉积微相的区别是前者砂岩层薄、层理规模小、底部不发育冲刷面以及与永久性河漫湖泊微相或暂时性河漫湖泊微相粉砂质泥岩频繁互层。

2.3.2 远端洪泛平原沉积微相 (Ff)

该微相形成在洪泛平原亚相的远端部分,洪水冲过河岸流动到该地段时水动力已减弱,沉积物颗粒较细,主要以紫红色薄层粉砂岩沉积为主,夹极薄层泥岩或泥质条带。粉砂岩层厚 0.2~0.5 m,厚度基本稳定,发育水平层理和小型缓波状层理,以及一些短小的垂直潜穴 *Skolithos linearis*。这些垂直潜穴常从极薄层泥岩或泥质条带处向下对下伏粉砂岩层进行掘穴和扰动改造。有时可见少量钙质结核和钙质纹层,说明地面被水淹没的时间不是很短暂,暴露出地面后受半干旱或干旱气候的影响而蒸发再沉淀为结核。

2.3.3 永久性河漫湖泊微相 (Pf)

该微相主要以发育厚层粉砂质泥岩为特征,局部夹薄层粉砂岩。它是在洪水期后,长期积水的低洼地带形成的。粉砂质泥岩层厚 0.6~1.5 m,底部常发育厚度不稳定的薄层粉砂岩层。泥岩中可见水平层理、缓波状层理和少量钙质结核。遗迹化石非常丰富,以水平沉积进食潜穴为主,潜穴充填颜色与围岩颜色一致。

2.3.4 暂时性河漫湖泊微相 (Tf)

该微相以薄层紫红色粉砂质泥岩的反复出现为特征。粉砂质泥岩单层厚 0.01~0.1 m,近水平状分布,为沉积底层短暂频繁地出露水面所致。发育软底底质与固底底质遗迹化石混生的现象,说明沉积底层曾抬升暴露并脱水固结,由软底转变成固底。未见泥裂和雨痕,说明沉积底层抬升暴露时间不长。钙质结核大量发育,结核有姜状、豆状等,大小不一,最大有 1.5 m 长、0.65 m 宽,是由于地下水下降,表面急速蒸发形成。钙质结核聚集出现于地表,说明当时的气候为半干旱或干旱条件,沉积底层暴露于地表,潜水面较高。根模发育较多,不仅有圆形状还有椭圆形状。

3 河道沉积相序类型及特征

根据上述岩相和沉积相分析,结合发育的 23 个不同河道旋回特征,研究区曲流河沉积可归纳为代表曲流河体系的早期、中期和晚期的 7 种沉积相序类型(图 2)。这些类型较好地反映了曲流河体系的各个阶段特征,有助于解释曲流河沉积相和沉积演化特征,使其更加直观。

3.1 相序类型分述

(1) 类型 1(图 2-a) 底部细砂中含紫红色泥砾岩,泥砾呈低角度的叠瓦状排列,往上是粉砂质泥岩,明显的曲流河“二元结构”。河道沉积厚 11.3 m,洪泛平原沉积相对较薄 2.1 m 且为厚层状,说明沉积速率很大。河道沉积构造为平行层理和楔状交错层理,洪泛平原沉积构造为水平层理和缓波状层理,说明河道中水动力较强。从该旋回的剖面特征可知,河道侧向迁移快,天然堤尚未形成,边滩沉积上直接覆盖了粉砂质泥沉积,该相序代表了近物源、稳定水流的曲流河上游沉积。

(2) 类型 2(图 2-b) 研究区域唯一可以明显识别出的天然堤沉积微相,底部有明显的冲刷面,同时发现有遗迹化石 *Palaeophycus*。该相序由边滩沉积、天然堤沉积和洪泛平原沉积组成。边滩沉积厚 13.6 m,岩性变化为细砂岩—中砂岩—粉砂岩—粉砂质泥岩,边滩沉积发育比较好;天然堤沉积厚 2 m,下部是中砂岩,上面是细砂岩;洪泛平原沉积厚 5.56 m,块状粉砂质泥岩,说明沉积速率较大。沉积构造为平行层理、楔状交错层理,只出现在砂岩中。这类相序边滩沉积和天然堤沉积发育完整,反映了河道侧向迁移较慢,洪泛事件沉积时间短,处于曲流河体系的早期阶段。

(3) 类型 3(图 2-c) 底部未见泥砾和冲刷面,岩石颗粒为中砂,边滩沉积厚 11.8 m,出现粉砂岩透镜体的决口扇沉积环境。沉积构造有楔状交错层理、平行层理和大型板状交错层理,说明水动力条件开始增强。该相序为曲流河体系早期到晚期的过渡阶段,河水较深。

(4) 类型 4(图 2-d) 底部层理类型比较丰富,出现大型槽状交错层理,岩石颗粒较粗,有粗砂、中砂和细砂,边滩沉积厚达 13.06 m。沉积相有边滩沉积和洪泛平原沉积,没有出现决口扇沉积,洪泛平原沉积中沉积构造不发育,以块状层理居多,厚度为 7.08 m。该相序反映了曲流河正处于壮年发展时期(中期

阶段), 水动力很强, 河水较深, 地势较陡。

(5) 类型 5 (图 2-e) 该类型的特点是出现细砂颗粒沉积的决口扇微相, 洪泛平原沉积特征为典型的粉砂与紫红色粉砂质泥岩互层。底部砂岩为细砂, 存在平行层理和大型槽状交错层理, 边滩沉积厚 5 5

m。该相序反映了河流的水动力仍很强, 但开始有所转弱, 河水深度开始变浅, 为曲流河体系中中期到晚期的过渡阶段。

(6) 类型 6 (图 2-f) 边滩沉积相对较薄, 而洪泛平原沉积明显相对变厚, 细砂颗粒沉积的决口扇微相

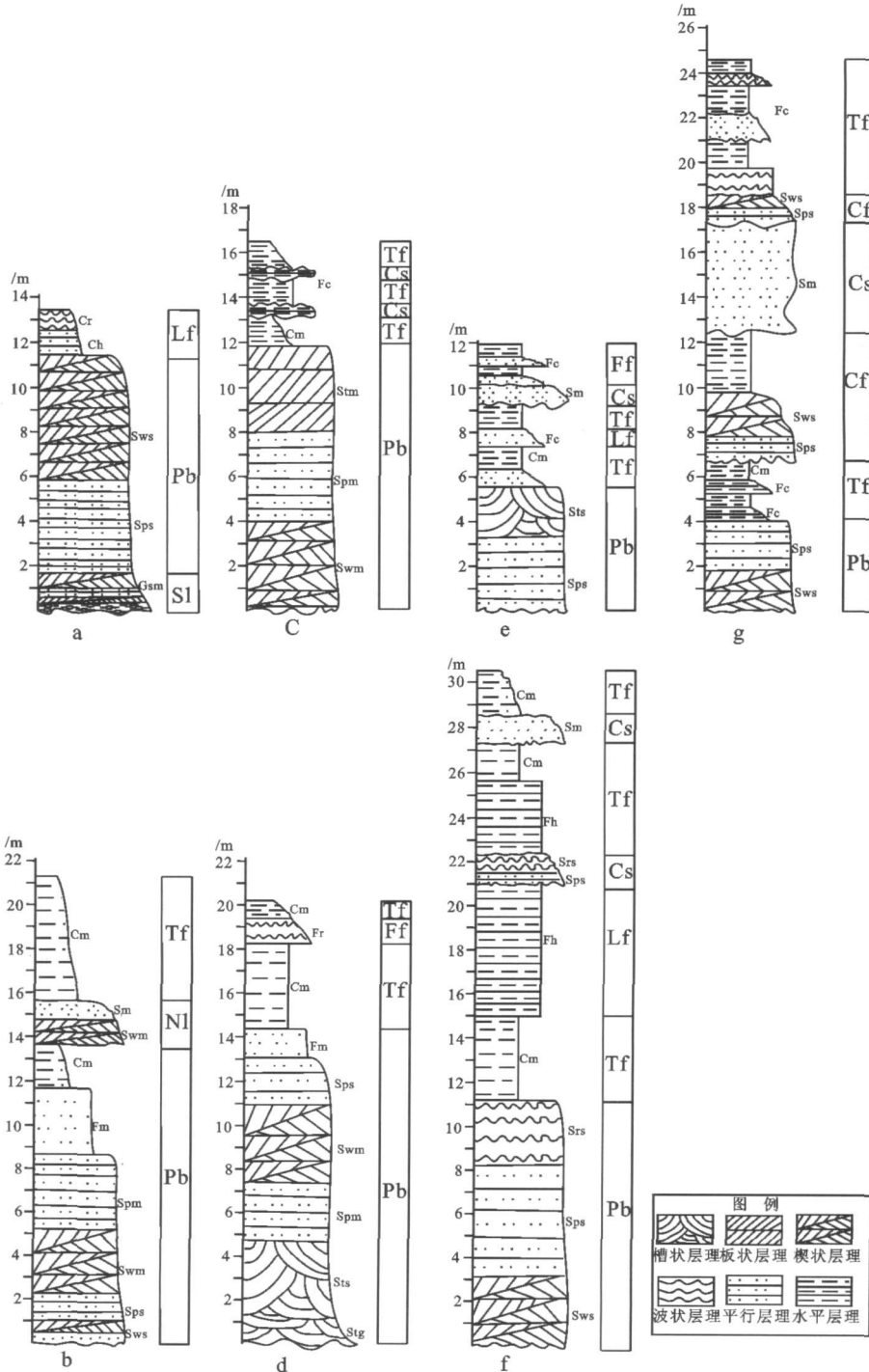


图 2 油房庄组曲流沉积中发育的 7 种相序类型

Fig 2 Seven types of vertical sequences in meandering fluvial deposits Youfangzhuang Fm ation

比较发育。边滩沉积中出现缓波状层理、平行层理和楔状交错层理,边滩沉积厚度 11.15 m。洪泛平原和决口扇沉积中出现平行层理、缓波状层理和水平层理,沉积厚度达 19.3 m,生物潜穴、根模和结核都较发育。该相序表明河流的水动力变弱,地势逐渐平坦,洪泛事件频率增加,处于曲流河体系的中晚期阶段。

(7)类型 7(图 2-g) 该类型的特点是边滩沉积较薄,仅有 4 m 厚,决口扇为细砂颗粒沉积,且沉积层理为平行层理和楔状层理,洪泛平原沉积相以粉砂与紫红色粉砂质泥岩互层岩相为其典型特征,水平层理和缓波状层理较发育,生物潜穴、根模和结核都较发

育。该相序表明河流的地势比较平坦,洪泛事件较多,河水冲过天然堤进入决口扇的水动能较大,河流水动力总体较弱,河水较浅,处于曲流河体系的晚期阶段。

4 曲流河沉积演化

如图 3 根据相序类型 a h c d e f 和 g 在整个地层的位置,可概括出它们之间存在的演变关系,进一步推出该区域曲流河的演化规律。类型 a 至类型 c 阶段,砂岩颗粒以细砂和中砂为主,没有出现粗砂岩但出现泥砾,薄层状砂岩较少,河道沉积厚度大,洪泛平原沉积在整个剖面中最薄,沉积构造主要以楔状

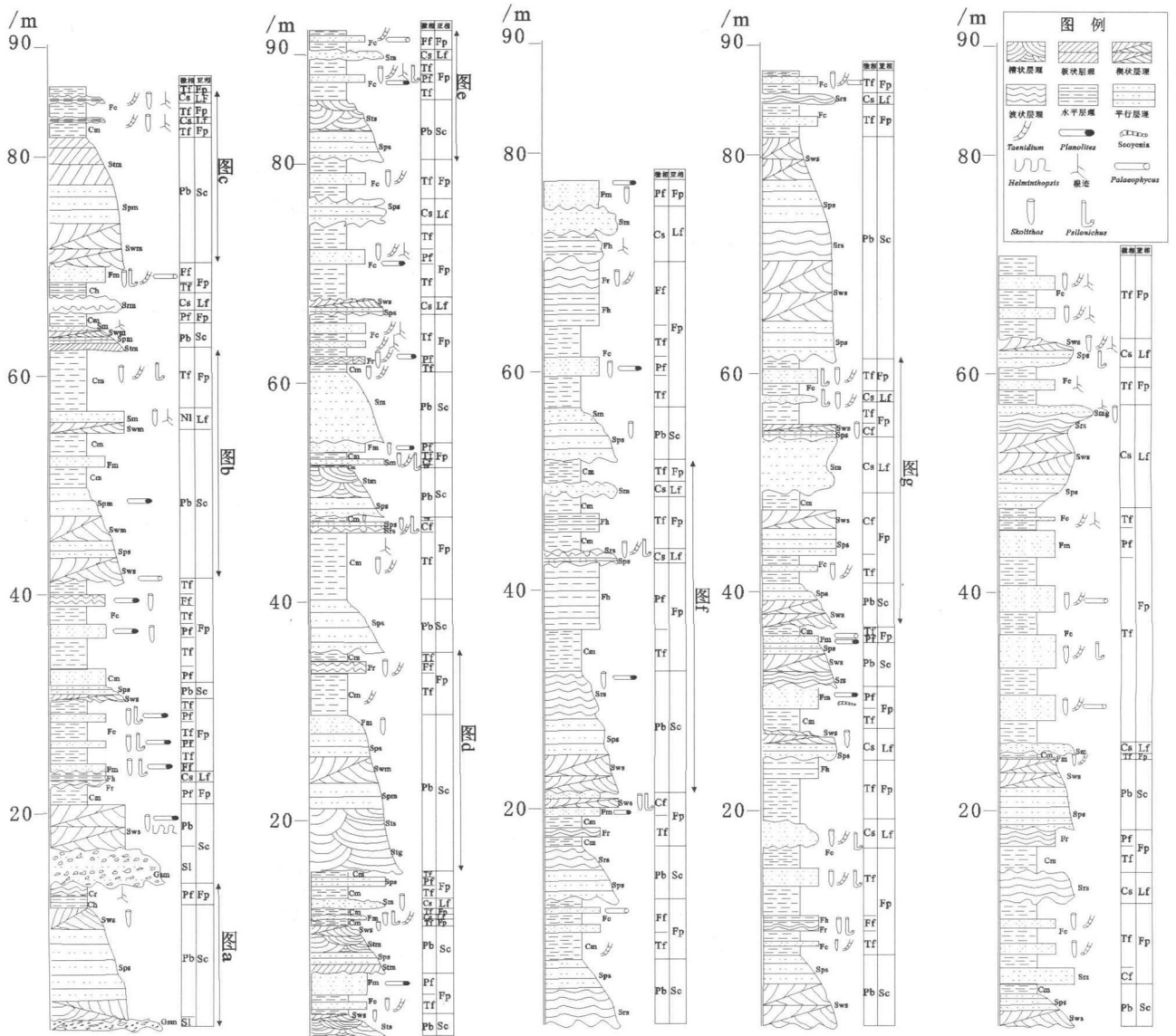


图 3 油房庄组曲流河沉积垂向相序变化特征

Fig 3 The vertical changing features in meandering fluvial deposits of Youfangzhuang Formation

交错层理和平行层理为主, 决口扇微相发育较少, 以粉砂岩透镜状为主, 出现天然堤微相, 说明该阶段水动力较强, 地势较陡, 处于曲流河体系的早期阶段 (图版 ⑤-5)。类型 d 和类型 e 阶段, 砂岩颗粒较粗, 不仅有细砂和中砂, 还出现粗砂, 河道砂厚度在整个剖面中最厚, 最厚层达 14.36 m, 但洪泛平原沉积厚度相对较薄, 砂岩表现的还原色较多, 决口扇微相只在一次旋回地层中出现, 为细砂和粉砂透镜体。河道砂沉积构造以槽状交错层理和平行层理为主, 偶尔可见板状交错层理, 说明该阶段水动力很强, 地势陡峭, 河床较深, 处于曲流河的壮年发展阶段。类型 f 和类型 g 阶段, 紫红色粉砂质泥岩层明显增厚, 水平层理和缓波状层理发育较多。砂岩常以薄层状为主, 决口扇微相较多且多以细砂岩透镜状为主, 偶尔可见粗砂沉积, 砂岩沉积构造以楔状交错层理和平行层理为主, 槽状交错层理消失, 说明该阶段水动力较弱, 地势比较平坦, 洪水泛滥次数增加且水动力增强, 处于河流体系的晚期阶段 (图版 ⑤-6)。所以, 类型 a 至类型 g 相序代表了研究区域河流的发展趋势, 它们之间是一种逐渐过渡的关系。根据 Allen 提出由点砂坝沉积体系来重建古河道深度的方法^[13], 可推知研究区域的古河流水深是由浅逐渐变深, 最后又变浅的过程, 最浅为 4.0 m 左右, 最深为 13.06 m 左右。

曲流河处于河流体系的什么阶段, 常由河流曲率 P 作为判断的指数。河流曲率 P ^[14] 是一个计算河流曲度的重要参数, Schumm 提出河流曲率 P 的计算公式:

$$P = 3.5F^{-0.27}; F = 255M^{-1.08}$$

F 代表河流的宽深比; M 代表粉砂质泥岩的百分含量。实际测得地层厚度为 414.58 m, 泥岩厚度为 210.75 m, 则河流曲率 P 为 0.64。根据曲率数值对河流类型的分类标准, $P < 1.2$ 是低曲率河流, $1.2 < P < 1.5$ 是中等曲率河流, $P > 1.5$ 是高曲率河流, 所以油房庄组河流体系属于低弯曲度曲流河体系。

5 结论

(1) 在济源中三叠世油房庄组下部曲流河沉积体系中划分出 17 种岩相类型: G_{sm} 、 Stg 、 Stm 、 Spm 、 Swm 、 Sts 、 Sp_s 、 Sw_s 、 St_s 、 Sm 、 Fh 、 F_r 、 F_m 、 F_c 、 C_m 、 C_n 和 C_r 。根据地层特征, 归纳出三大沉积微相类型, 分别是河道砂体、洪泛平原和决口扇沉积为主的类型。

(2) 油房庄组下部河流沉积为低弯曲度曲流河沉积, 从中识别出 3 个亚相, 如河道亚相 S_c 、堤岸亚

相 L_f 和洪泛平原亚相 F_p 。在 3 个亚相中识别出 8 个微相, 如河道滞留沉积微相 S_l 、边滩沉积微相 P_b 、天然堤沉积微相 N_l 、决口扇沉积微相 C_s 、近端洪泛平原沉积微相 C_f 、远端洪泛平原沉积微相 F_f 、永久性河漫湖泊微相 P 和暂时性河漫湖泊微相 T_f 。

(3) 七个典型的相序类型中, 类型 a、b 和 c 位于曲流河体系的早期阶段, 地势较陡, 沉积颗粒较粗; 类型 d 和 e 位于曲流河体系的中期阶段, 河流能量最大, 代表强水动力条件的槽状交错层理出现; 类型 f 和 g 位于曲流河体系的晚期阶段, 河流能量逐渐减弱, 地势逐渐变缓, 洪泛事件频率增加, 河道砂层较薄, 洪泛平原和决口扇沉积的岩层变厚。

参考文献 (References)

- 1 陈传诗, 苏现波. 断块运动与中生代盆地的演化 [J]. 岩相古地理, 1995, 15(1): 18-23 [Chen Chuanshi, Su Xianbo. Fault-block movement and evolution of Mesozoic basin [J]. Lithofacies and Palaeogeography, 1995, 15(1): 18-23]
- 2 齐永安, 苏现波. 河南济源晚三叠世曲流河沉积中的痕迹化石及其意义 [J]. 河南地质, 1993, 11(2): 119-122 [Qi Yong'an, Su Xianbo. Trace fossils and their significance in meandering fluvial sediments of Upper Triassic Jiyuan, Henan [J]. Henan Geology, 1993, 11(2): 119-122]
- 3 孙俊民, 吴贤涛. 豫西济源谭庄组河流沉积特征 [J]. 焦作矿业学院学报, 1995, 14(2): 24-31 [Sun Junmin, Wu Xiantao. The features of fluvial sediments of Jiyuan, western Henan [J]. Journal of Jiaozuo Mining Institute, 1995, 14(2): 24-31]
- 4 胡斌, 张国成, 郭卫星. 豫西济源谭庄组河流沉积中的 *Stipsellus* 遗迹组构 [J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(3): 1-4 [Hu Bin, Zhang Guocheng, Guo Weixing. The *Stipsellus* ichnofabric in fluvial sediments of Tanzhuang Formation, Jiyuan, western Henan [J]. Coal Geology and Exploration, 2004, 32(3): 1-4]
- 5 齐永安, 胡斌, 张国成, 等. 豫西济源地区中三叠世油房庄组遗迹组构及其环境解释 [J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 372-379 [Qi Yong'an, Hu Bin, Zhang Guocheng et al. Ichnofabrics and their environmental interpretation from middle Triassic Youfangzhuang Formation, Jiyuan Region, Western Henan Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(3): 372-379]
- 6 尹国勋, 张汉瑞. 济源上三叠统古土壤及其意义 [J]. 地层学杂志, 1996, 20(2): 128-133 [Yin Guoxun, Zhang Hanrui. Palaeosols and their significance from Upper Triassic of Jiyuan [J]. Stratigraphical Magazine, 1996, 20(2): 128-133]
- 7 胡斌, 黄长春. 豫西济源晚三叠世河流沉积类型及生物遗迹组构特征 [J]. 河南地质, 2000, 18(3): 176-180 [Hu Bin, Huang Changchun. Sedimentary types and ichnofabric features from fluvial sediments of Upper Triassic Jiyuan, western Henan [J]. Henan Geology, 2000, 18(3): 176-180]
- 8 王道生, 张国成. 济源盆地中三叠世油房庄组的古土壤特征 [J].

- 河南理工大学学报, 2005, 24(4): 278-282 [Wang Daosheng, Zhang Guocheng. Features of palaeosols from Middle Triassic]. Journal of Henan Polytechnic University, 2005, 24(4): 278-282]
- 9 张国成, 曾玉凤, Buatois L A, 等. 济源盆地谭庄组 (T₂₋₃) 上段湖相沉积及遗迹化石特征 [J]. 沉积学报, 2005, 23(1): 100-107 [Zhang Guocheng, Zeng Yufeng, Buatois L A, *et al.* Lacustrine deposits and associated trace fossils in the Upper part of the Tanzhuang Formation (T₂₋₃), Jiyuan Basin, Henan province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(1): 100-107]
- 10 Miall D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary [C] // Miall D, ed. Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 1978, 5: 597-604
- 11 苗晓东, 卢华玉, 李震, 曹国刚等. paleo current and fabric analyses of the imbricated fluvial gravel deposits in Huangshui Valley, the northeastern Tibetan Plateau, China [J]. Geomorphology, 2008, 99: 433-442
- 12 楼章华, 赵霞飞. 仓房沟群冲积体系中钙质结核的成因 [J]. 石油实验地质, 1993, 15(1): 81-85 [Lou Zhanghua, Zhao Xiafei. The origin of calcareous cores in the alluvial system of the Cangfengou group [J]. Experimental Petroleum Geology, 1993, 15(1): 81-85]
- 13 Allen J R L. The classification of cross-stratified units with notes on their origin [J]. Sedimentology, 1963, 2: 93-114
- 14 李双应, 岳书仓, 王道轩, 等. 大别造山带北缘早白垩世周公山组冲积沉积研究 [J]. 合肥工业大学学报, 2005, 28(9): 1135-1187 [Li Shuangying, Yue Shucang, Wang Daoxuan, *et al.* Study on alluvial sediments of Early Cretaceous Zhonggongshan Formation in the northern margin of the Dabie orogenic belt [J]. Journal of Hefei University of Technology, 2005, 28(9): 1135-1187]

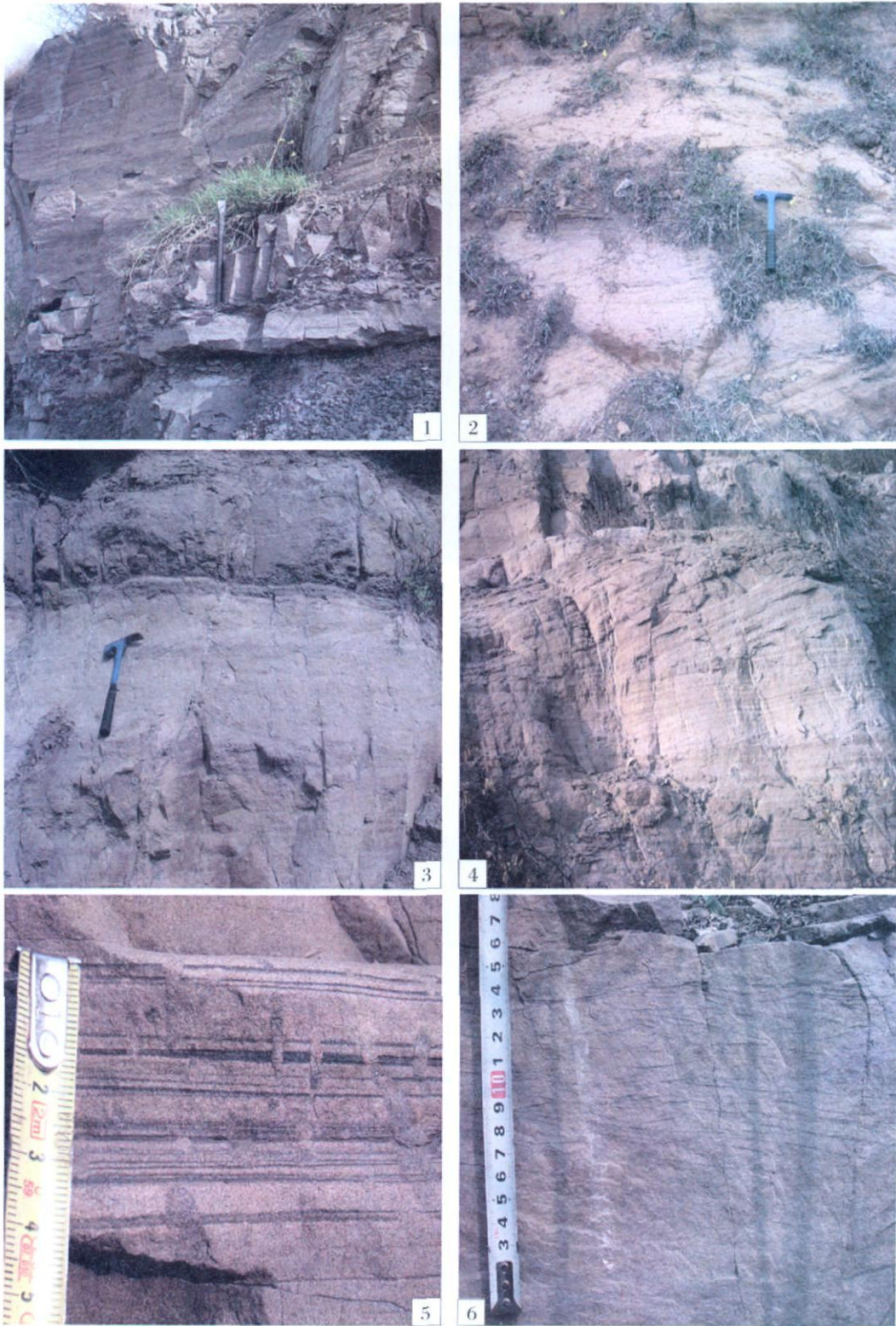
Lithofacies and Sedimentary Facies from Middle Triassic Fluvial Deposits of Youfangzhuang Formation, Jiyuan Area, Western Henan

QI Yong-an ZHANG Zhou ZHOU Min ZHENG Wei

(Institute of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000)

Abstract The meandering fluvial deposits preserved in Middle Triassic Youfangzhuang Formation of Jiyuan Area, western Henan, comprise mainly fine sandstone, siltstone and silty mudstone interbedded with conglomerate and coarse sandstone. According to Miall's lithofacies classification, seventeen lithofacies can be recognized from Youfangzhuang Formation, the main lithofacies are St_s, Sp_s, Sw_s, Fh, Fr, Fc, Ch and Cr, which can be aligned to seven lithofacies associations. Based on the features of lithofacies types and sedimentary structures, the fluvial sedimentary facies of Youfangzhuang Fm. can be subdivided into three sublithofacies and eight microlithofacies. The fluvial channel sinuosity (P) is 0.64, the fluvial deposits belong to low-sinuosity meandering fluvial deposits.

Key words Youfangzhuang Formation, Middle Triassic, lithofacies, sedimentary facies, meandering fluvial deposits



图版 iv 说明: 1. 含泥砾细砂岩, 河道滞留沉积微相, 钢钎长 30 cm; 2. 槽状交错层理粗砂岩, 边滩沉积微相, 锤子长 20 cm; 3. 板状交错层理中砂岩, 边滩沉积微相, 锤子长 20 cm; 4. 平行层理、楔状交错层理中砂岩, 边滩沉积微相, 比例尺同图版 iv-3; 5. 含垂直潜穴平行层理中砂岩, 边滩沉积微相; 6. 缓波状层理细砂岩, 天然堤和边滩沉积微相;



图版 10 说明: 1. 缓波状层理粉砂岩, 位于决口扇、洪泛平原沉积微相; 2. 粉砂岩与粉砂质泥岩互层, 洪泛平原沉积微相, 比例尺同图版 iv-3; 3. 水平层理粉砂质泥岩, 洪泛平原沉积微相, 锤子长 20 cm; 4. 粉砂质泥岩中的钙质结核, 洪泛平原沉积微相, 比例尺同图 3; 5. 曲流河体系早期阶段的河道与洪泛平原沉积, 比例尺长 20 cm; 6. 曲流河体系中晚期阶段的河道与洪泛平原沉积, 比例尺长 20 cm。