

豫西济源—义马盆地浊流沉积中的 痕迹化石及其环境意义¹⁾

吴 贤 涛

(焦作矿业学院痕迹古生物与古环境中心研究室)

前 言

尽管非海相浊流沉积在现代及古代的湖泊中都很常见,分布也广,但地质文献中有关非海相浊流沉积中痕迹化石保存完美的例子却了了无几。豫西济源—义马盆地非海相浊流沉积,剖面完整,侧向连续,是研究中生代非海相复理石的良好场所。(图1)

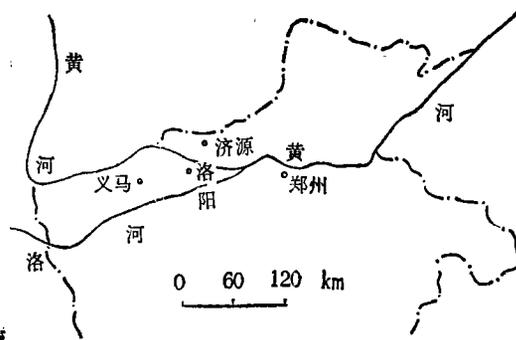


图1 济源、义马盆地地理位置

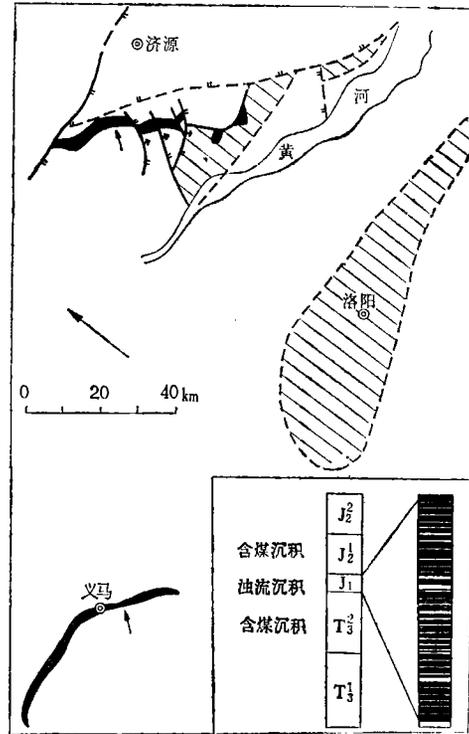
Fig. 1 Location of the Jiyuan-Yima Basin

观察剖面,主要由砂岩和页岩组成,厚度大于100米。这套地层缺失实体化石,但由下伏晚三叠世,*Danaeopsis*—*Bernoullia* 植物群和上覆早中侏罗世*Coniopteris*—*phoenicopsis* 植物群,推断地层层位可能为下侏罗统(图2)

济源—义马盆地被认为是形成于侏罗纪早期的断块盆地。该盆地西南部沉积的扇砾岩及扇形三角洲砾岩,有证据表明它们与盆地北部济源一带所形成的浊流沉积是同一个时代的。因此,早侏罗世湖相沉积的大体轮廓,可根据扇形三角洲砾岩及浊流沉积相带的分布,加以重塑。

本文目的,在于描述非海相浊流沉积特征及其所含痕迹化石组合类型,以及它们在环境分析方面的作用。

1) 原稿用英文写成,曾于1983年7月在法国里昂举行的国际第一届古生态学大会上宣读。



侏罗系出露区(黑色)和隐伏区(斜线)箭头表示扇三角洲砾岩(图下)和其它类型浊流沉积(图上)剖面位置。

图2 济源、义马浊流沉积的地理分布和地层层位

Fig. 2 Geographical and stratigraphical position of Jiyuan-Yima Flysch, the Jurassic outcrop shown in black and the subterranean outcrop in oblique line. Arrows indicate the profile locality of fan delta conglomerate rocks (bottom) and other types of turbidity current sediments

沉积学特征

济源-义马盆地下侏罗统复理石包括365个清晰可辨的鲍马序列,厚度近105米。根据Mutti和Lucch(1972), Walker和Mutti(1973)浊流沉积分类,济源-义马盆地中生代含煤含油地层中的浊流沉积可划分五个浊积相:

A相 该相主要为砾岩、含砾砂岩、粗砂岩夹砂质页岩,表现出正常的正序粒层理,砾岩以泥为基质,颗粒或砾粒直径可从0.5厘米到10厘米。砂质页岩上覆有煤层或碳质页岩。这种相型只出现在义马地区,并且,根据野外调查和岩芯资料分析,它们多呈扇形分布。笔者认为它们是由盆地边缘碎屑流形成的,因而将其描述为扇形三角洲砾岩。

扇形三角洲砾岩的分布表明,其沉积物来源于西北方向,此方向与该地区的主要断裂方向平行。这种浊积相还可同抚仙湖现代碎屑流沉积相比较。抚仙湖是中国云南现代断陷湖盆,其扇形三角洲砾岩之上为粘土及泥炭所覆盖,表现出与本文所研究的侏罗纪

济源-义马盆地扇形三角洲砾岩相似的沉积特征。

B₂相 此相包括复理石下部的灰绿色细砂岩及上部黄绿色和淡黄色页岩。细砂岩单层厚度为0.5米到2米,页岩单层厚度为几厘米。砂岩/页岩比率为10:1。此类浊流沉积不能用鲍玛序列来描述。但在砂岩的底部可以很清楚地观察到槽模、重荷模以及其它类型的底痕,页岩单层内可有或不具有平行纹理。

C相 此相由灰绿色细一中粗粒砂岩和淡黄色页岩构成。砂岩粒序变化明显,底面平坦且侧向连续性好。底面具有重荷模,局部有刻蚀痕。砂岩厚10—100厘米。页岩厚几厘米到20厘米。砂岩/页岩的比率从1—5。

相C可用鲍玛序列来描述,并认为主要是由a、e段组成,a、e段通常出现在济源浊流沉积的下部。

D相 此相包括细砂岩、粉砂岩和页岩,细砂岩不具粒序层理,但具平行纹理,而粉砂岩具波状纹理。砂层厚度1—10厘米,砂岩/页岩之比率 ≥ 1 。

浊流沉积可以按bce型或ce型、de型层序来描述,后两种层序在剖面的上部似乎更为常见。

E相 研究区内,这种相的砂岩/页岩比率大于1,但其主要特征与D相相似。砂岩厚度很小,仅2—3厘米,横向不连续,但与上覆页岩之间的界面非常清楚。此相主要位于剖面中部。

相序列和相组合

济源-义马盆地下侏罗统浊流沉积被命名为鞍腰组,其中砂岩占60%,页岩占40%。砂岩的成分为石英、长石和云母及少量的重矿物碎屑和碳质。济源浊流沉积可划分为上、中、下三部分:

下部包括63个鲍马序列,主要由C相构成(多为a段和e段),厚18.3米,其序列在垂向上有向上增厚的趋势。痕迹化石以*Protopaleodictyon*、*Paleodictyon*、*Jiyuanichnus*为主。可和Walker等人(1973)的扇形模式相比较,故将其暂归为湖底叶状扇体沉积的中扇部分。

中部厚60米,包括156个鲍马序列,它们可以用ae型、be型和ce型序列来描述,由C相、B相、D相,有时还有F相组成。剖面内,由下至上沉积物颗粒逐渐变细的相序列非常清楚。采到的痕迹化石有:*Protopaleodictyon*、*Sabularia*、*Tuberculichnus*、*Paracanthorhapha*、*Jiyuanichnus*。这些痕迹可能发育于湖底扇中扇区的水道部位。

上部由146个鲍马序列组成,厚26.7米,大部分可以用de型、ce型序列来描述。痕迹化石一般稀少,只发现有*Granularia*和*Condrites*代表湖底扇外扇环境。然而,在这部分地层中,发现有对称的波痕和丰富的植物碎屑,表明湖盆已开始变浅。覆盖在浊流沉积序列之上的河流相沉积,证实了这一变化。

古水流概况

济源-义马盆地古水流方向的变化,非常显著。作者测量了二十多个槽模、沟模、砾石的叠瓦状排列及其长轴定向排列情况等古水流数据。确认盆地的西南缘存在一个物源

区, 沉积物主要搬运方向为自西南而东北。盆地东北部(即济源地区), 古水流情况表明, 其沉积物交替地来源于西南和东南两个方向。

痕迹化石描述

Jiyuanichnus Wu (ichnogen. nov.)

模式种 *Jiyuanichnus nummulia* Wu (ichnosp. nov.)

特征 直或稍弯的拖迹, 不分枝, 但相隔不同的距离形成大小不等的隆起, 痕迹表面有斜肋纹构成的方格形装饰, 拖迹深约 2 毫米, 具横向凹槽。

讨论 痕迹表面装饰, 特别是波状弯曲的肋脊同 *Halymenidium* 近似, 不同的是, 前者不具有分枝习性, 壁上有横向沟痕, 以及肋脊可以相互交叉等。

成因 认为可能是环节类动物形成的潜穴, 这种环节类动物身上长有长刺或突起, 当动物前后蠕动时就形成交叉的波状肋脊, 而潜穴上的隆起, 推测是由该类动物转身或侧向伸展时形成的。

分布与时代 河南西部下侏罗统

Jiyuanichnus nummulia Wu (ichnosp. nov.)

(图版 I, 2、3)

材料 痕迹保存于黄色粉砂岩中, 数量极丰。

描述 全形标本形态完整, 或具浅沟, 微弯曲。痕迹宽 7—20 毫米, 由一系列肋脊组成; 肋脊通常宽 0.5—1.2 毫米, 长 3—12 毫米, 被稍为狭窄的沟纹分开。所有的肋脊均为同向波状弯曲, 其中有的可相互交叉。痕迹壁上有造迹生物环节留下的横向沟痕。

应当指出, 其中有些痕迹形体很小(图版 I, 3), 宽度不超过 10 毫米, 可能是幼年类型。

产地与层位 河南济源下侏罗统鞍腰组

Paracanthorhapse Wu (ichnogen. nov.)

模式种 *Paracanthorhapse tongwunia* Wu (ichnosp. nov.)

特征 弯曲形外痕迹, 有两个以上弯曲, 具短棘或瘤。

讨论 痕迹属具短棘, 这一点和 *Acanthorhapse* 相似, 但其纤细的线状拖迹, 常有一个以上弯曲, 且弯曲度也较后者强烈。新痕迹属还可和 *Protopaleodictyon* 相比较, 但前者并不像后者那样弯成不规则或不完整的网格。

分布与时代 河南西部下侏罗统

Paracanthorhapse tongwunia Wu (ichnosp. nov.) (图版 II, 2)

材料 标本采于细砂岩中, 痕迹见于细砂岩下层面和下伏的泥岩上层之间处。

描述 痕迹截面圆柱形, 宽约 1.5 毫米或大于 1.5 毫米, 高 1 毫米, 痕迹迂回曲折, 常相互交叉, 短棘长 1—6 毫米, 有时短棘不明显, 仅见侧向加宽而呈瘤形。

产地与层位 河南济源西承留下侏罗统鞍腰组中段。

Protopaleodictyon Ksiazkiewicz 1958

Protopaleodictyon anyao Wu (ichnosp. nov.)

(图版 I, 4)

特征 弯曲形外痕迹, 有一个以上分叉, 分叉点可在痕迹转折处, 亦可在非转折处, 形成不闭合的网形。

描述 痕迹与层面平行, 弯曲, 截面圆柱形, 宽1.5—2毫米。弯曲角度变化大, 有时可见近直角形转折, 分叉点的距离长可达30毫米, 短的仅9毫米。痕迹产于黄色泥岩中, 充填物为粉砂岩。

讨论 痕迹属*Protopaleodictyon*, 已知种超过5个, 全产于海相复理石中, 当前标本区别于其它各种的主要特点是, 分叉角度可由直角变为锐角, 分叉点的距离亦很不规则。其直角形分叉类似*Megagraption*, 但后者痕迹路线一般不弯曲。此外本种与*Protopaleodictyon submontanum*亦很类似, 不同的是*P. anyao*有锐角分叉。

在同一层面上, 与此痕迹共生的尚有粒径在0.1毫米—0.4毫米的粪球粒, 粪球粒分布呈弯曲形, 它与*P. anyao*的关系, 尚待查明。

产地与层位 河南济源西承留下侏罗统鞍腰组。

Protopaleodictyon submontanum (Azpeitia, 1933) 图版 I, 1)

通常为宽2—3毫米, 高不超过3毫米的细线迹, 迹面光滑; 痕迹平直或近90°角弯曲, 因而同*Megagraption*有些相似。济源采集的标本其主要特征是痕迹呈直角弯曲, 并形成较为完整的矩形或多角形网孔或网眼。

Chondrites sp. (图版 I, 5)

只发现一块标本, 保存在绿色泥质砂岩和黄色细砂岩中, 潜穴分叉并与层面平行。潜穴直径为3毫米, 分枝通常以锐角与主枝相交, 主枝一般较侧枝长。

Tuberculichnus vagans Ksiazkiewicz 1977 (图版 I, 6, 7)

痕迹由圆形或长卵形瘤节组成; 瘤节长度1—5毫米, 宽约1毫米。济源发现的某些标本上可以看到三种大小不同的*Tuberculichnus vagans*, 它们都表现出一端为不规则的环形, 而另一端近乎平直。

Tuberculichnus henan Wu (ichnosp. nov.) (图版 I, 5)

痕迹由一系列长4—30毫米的脊状瘤节组成。瘤节宽约3毫米, 高3—4毫米, 它们或以宽达8毫米的间隔分开排列, 或联在一起, 但在脊状瘤节的基部仍可看到进出痕迹。此类痕迹的路线为蛇曲形, 并可形成规则的不完整网格。

Ksiazkiewicz (1977) 在研究喀尔巴阡山始新世海相复理石过程中, 最早建立了*Tuberculichnus*痕迹属。根据瘤节的大小及排列方式, 在该区分出三个痕迹种。济源发现的标本同喀尔巴阡山的*Tuberculichnus*很相似, 所不同的是: (1) 前者长脊状的瘤

节一般较喀尔巴阡山类型的长, (2) 拖迹常形成不完整的网格。

Granularia sp. (图版 I, 4)

如 T. P. Crimes 所指出的那样, 这类痕迹按照 Hantzschel (1975 P. 1064, 1065) 的定义, 是很不明确的。有的认为痕迹应为枝形潜穴, 有非常规则的分叉, 潜穴壁上含粘土颗粒。而 Hantzschel 只将外壁粘有粘土颗粒的类型归为 *Granularia*。本文作者根据 Crimes 等人的意见, 将 *Granularia* 痕迹属描述为简单枝形, 常分叉的潜穴, 外壁粘有粘土或砂质颗粒。

济源发现的这类痕迹, 外形直或稍微弯曲, 宽 6 毫米, 长 20 毫米, 标本上可明显看到砂质球粒充填。尽管枝形不太清晰, 但这类痕迹在野外还是很容易识别的。

Sabularia simplex (Ksiazkiewicz) 1977 (图版 I, 1)

济源发现的标本为宽 0.5—2 毫米, 高 0.5 毫米的砂质充填潜穴, 直圆柱形, 外表光滑, 不分枝; 但以不同的间隔出现隆起, 可能是主动充填的结果。痕迹通常保持一段直线路程而无大的变化, 但常常与先前形成的痕迹相互交叉。

Paleodictyon aff. *gomeizi* (Azpeitia 1933) (图版 II, 3)

现存标本保存不甚完好, 但其典型的六角形或不规则多边形网眼的轮廓, 还是很容易识别的。痕迹主要特点是, 边缘网肋宽仅 3—4 毫米, 高 2 毫米, 长可达 30—40 毫米, 因而形成的网眼较 *Paleodictyon* 痕迹属中其它痕迹种大些, 但同 Azpeitia (1933) 和 Ksiazkiewicz (1977) 所建立的 *P. gomeizi* 很接近。

讨 论

济源复理石的下伏上三叠统含油岩层和所产植物化石表明, 晚三叠世这里存在着一个宽阔的湖盆。在早侏罗世时, 伴随着盆地西北缘(可能还有东北缘)的上升, 在湖底形成了这套浊流沉积。上覆具交错层理和丰富植物化石的厚层砂岩说明, 到浊流沉积的末期, 盆地已差不多为网状河流和蛇曲形河流的沉积所填充。

济源非海相浊流沉积中的痕迹化石, 不少都是海相浊流沉积中常见类型。本文研究表明其中至少有部分是海相和非海相浊流沉积中所共有的类型。

然而, 典型的深水相痕迹化石, 如 *Spirorhaphe Thaprheminthopsis Helminthoida* 还没有在济源非海相浊流沉积中发现。相反, 新发现的痕迹如 *Jiyuanichnus*, *Paracanthorhaphe* 似乎是济源复理石中颇具特征痕迹化石。

济源复理石(图 3)中痕迹化石的分布表明, 其总体形态可同 T. P. Crimes 等人 (1981) 所建立的 Gurnigrl 和 Schlier 复理石痕迹化石的组合形态相比较, 尽管后者是海相复理石。

一般认为, 痕迹化石在确定古水体深度方面很有帮助。根据 Seilacher (1967)

Ksiazkiewicz (1977) 和 Crimes 等人 (1982) 的研究, 具有复杂的图案型、定向弯曲型和网格型痕迹化石, 都可预期在深水沉积中找到, 而形态简单的痕迹化石则多出现在浅水沉积的岩层中。

济源复理石中各种类型痕迹化石分布, 和上述模式是吻合的。如在复理石的下部含有图案型的痕迹化石, 说明为深水相沉积。下部的沉积相和沉积构造特征也为此提供了证据。

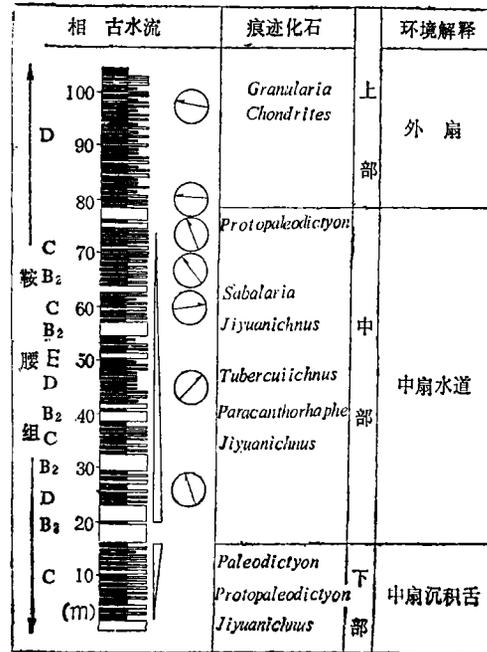


图 3 济源复理石中的痕迹化石和环境解释

Fig. 3 Trace fossil distribution and environment analysis in Jiyuan Flysch

济源复理石的中部, 痕迹化石个体数量较为丰富, 分异度也很高。痕迹化石多为简单的分枝的类型, 偶尔也出现图案型, 可能早侏罗世的这个时期湖水的深度要比前个时期为浅。

在沉积济源非海相复理石上部的时候, 随着湖盆不断被充填, 湖水也就愈浅。痕迹化石稀少并缺失典型的深水相痕迹, 代之以简单的 (如 *Granularia*) 和分枝的 (如 *Chondrites*) 痕迹。

应当指出, 新痕迹属 *Jiyuanichnus* 在整个剖面大部分层位都很丰富。这种痕迹还未曾在海相浊流沉积中发现过, 因而, 对于确定非海相的浊流沉积, 相信很有意义。

T. P. Crimes 博士为本文提供资料, 胡斌和张守恩同志协助野外工作和拍摄照片, 谨此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 孙顺才、张立仁, 1982 云南抚仙湖现代浊流沉积, 中国科学院石油地球科学学术会议论文集, 35—43, 科学出版社。
- [2] Crimes, T. P., Goldring, R., Homewood, P., Stuijvenberg, J. V., and Winkler, W., 1981 Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and schlieren flysch (Cretaceous-Eocene), Switzerland, *Eclogae Geol. Helv.* Vol. 74/3 P.953-995
- [3] Ksiazkiewicz, M. 1977 Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians, *Palaeontologia Pol.* 36, 1-208
- [4] Mutti, E., and Ricci Lucchi, F. 1972 Le torbiditi dell' Appennino Settentrionale; Introduzione all' analisi di facies; *Mem. Soc. Geol. Italiana*, V. 11, P. 161-199
- [5] Seilacher, A. 1967 Bathymetry of trace fossils, *Marine Geology*, 5, P. 413-428
- [6] Walker, R. G., and Mutti, E. 1973 Turbidite facies and facies associations, in: *Turbidites and deep-water sedimentation, Lecture notes for a short course, Pacific section S. E. P. M. Los Angeles, California.* 119-157

TRACE FOSSILS AND THEIR ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE IN NON-MARINE TURBIDITE DEPOSITS FROM JIYUAN-YIMA BASIN, WESTERN HENAN

wuXiantao

(Research Center of Ichnology, Palaeontology and Palaeoenvironments,
Mining College of Jiaozuo)

Abstract

The paper covers eight families and ten species of trace fossils in the non-marine turbidite deposits of the Lower Jurassic age from the Jiyuan-Yima district, western Henan, among which two families and three species are new. And trace fossils of typical deep-water types such as *Paleodictyon* and *Protopaleodictyon* were discovered for the first time in fresh-water lake basins. It is of great significance to study non-marine ichnofacies model by means of the established marine ichnofacies model.

Jiyuan flysch, which is between the *Danaeopsis*--*Bernoullia* flora of the Upper Triassic and *Coniopteris*--*Phoenicopsis* flora of the Middle Jurassic, is about 105m in thickness and is divided into upper, middle and lower parts. The three parts of the flysch consist of different types of ichnofossils, showing that the environment of Jiyuan-Yima fault basin changed rapidly due to the accumulation of the sediments

coming from the surrounding highland.

The lower part of non-marine flysch is 18.3m thick, it contains 63 Bouma Sequences and is mainly composed of facies C. The grains becomes gradually coarse from below to above. The patterned trace fossils such as *Paleodictyon*, *Protopaleodictyon* may suggest that they were formed in a condition of sublacustrine middle fan and probably represented the deepest water period when sublacustrine turbidity was at its earliest stage of sedimentation.

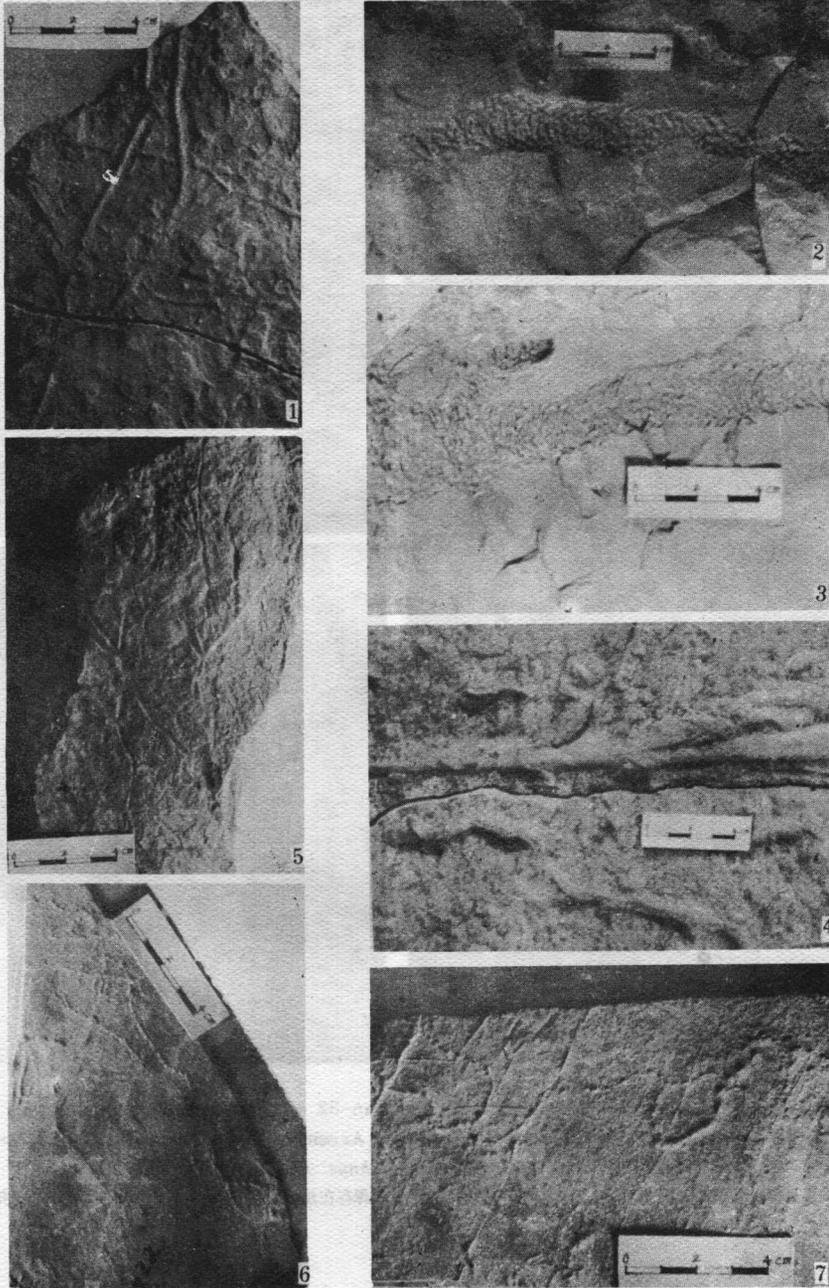
The middle part of the flysch consists of Facies B2, C, D and E. Its thickness is 60m, including 156 Bouma Sequences. The grains become finer and finer from below to above. Trace fossils are abundant and diversity is high. There are some important trace fossils such as *Jiyuanichnus*, *Paracanthorhapha*, *Tuberculichnus*, *Sabularia* and *Protopaleodityon*.

The tracemarkers were active in sublacustrine network-like channels, including that the development of lake basin approached its middle stage.

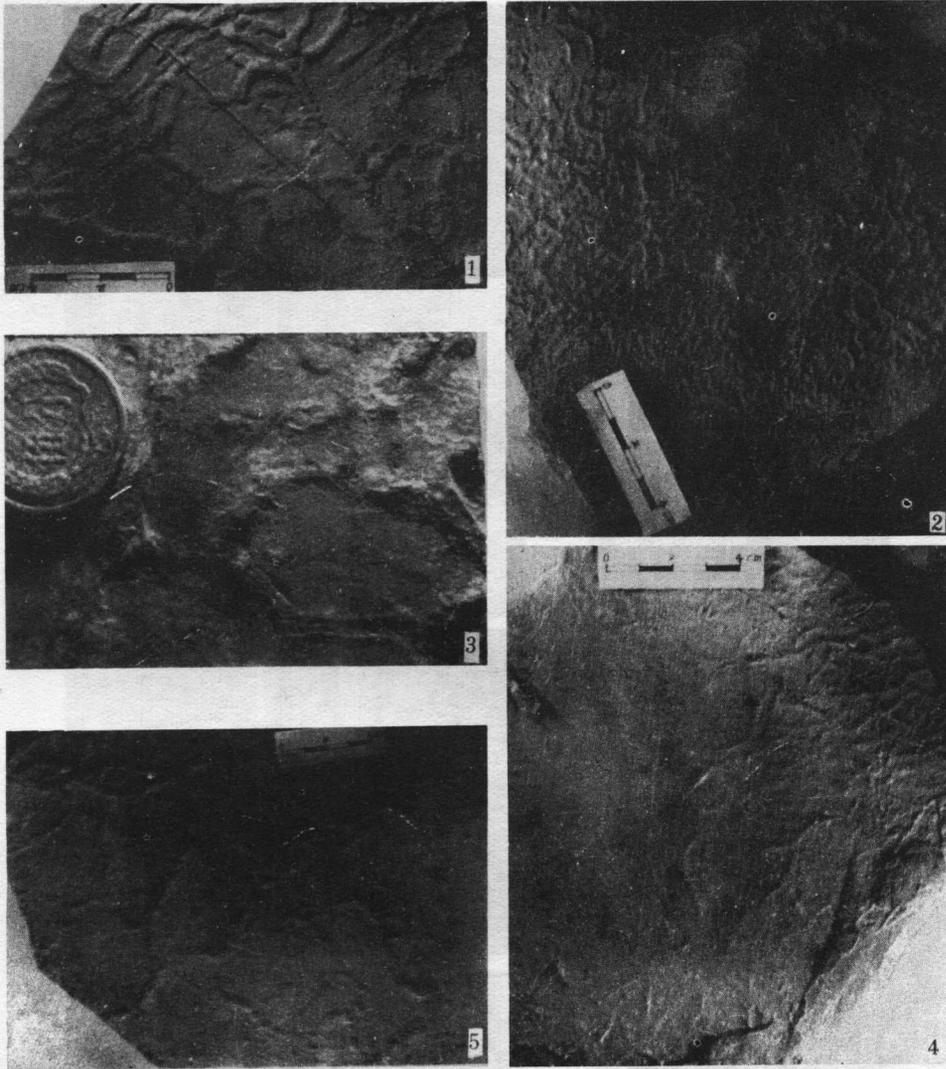
There are 146 Bouma Sequences with 26.7m in thickness in the upper part of Jiyuan Flysch. Most of them are of Pattern De and Ce. No other categories have been found except *Granularia* and *Chondrites*. The absence of deep-water forms and low diversity may be considered as an evidence of the ending of turbidite deposition.

The analysis of paleocurrent within the Jiyuan-Yima Basin indicates that the sediments in the northeastern part, e.g. Jiyuan Area, originated from the southwest and southeast alternately. The main transportation direction of the sediments in southwestern basin, i.e. Yima Area was from southwest to northeast.

The ephemeral development of Jiyuan turbidite deposits has been recorded both in ichnology and sedimentology. The records in ichnology may imply that the tracemarkers living in the sublacustrine were quite sensitive to the changing environment caused by the rapid sediment accumulation. Thus their traces are good indicators in determining subenviroments.



1. *Sabularia simplex* Ksiazkiewicz 登记号: Jian-15 2-3. *Jiyuanichnus nummulia* Wu n. ichnosp. 登记号: Jian-22 4. *Granularia* sp. 登记号 Jian-6 5. *Chondrites* sp. 登记号: Jian-5
6-7. *Tuberculichnus* Ksiazkiewicz
6-7. *Tuberculichnus vagans* Ksiazkiewicz 登记号: Jian-22



1. *Protopaleodictyon submontanum* Azpeitia 登记号: Jian-32 2. *Paracanthorhapha togwunia* Wu n. ichnosp. 登记号: Jian-22 3. *Paleodictyon* aff. *gomeizi* Azpeitia 登记号: Jian-32 4. *Protopaleodictyon anyao* Wu n. ichnosp. 登记号: Jian-11 5. *Tuberculichnus henan* Wu n. ichnosp. 登记号: Jian-32
所有图影未加润饰, 全部产于济源西承留早侏罗世鞍腰组地层中。标本保存在焦作矿业学院痕迹古生物与古环境中心研究室。