

下扬子地区三叠纪黄马青组遗迹化石与古环境^{*}

毕德昌 钱迈平 郭佩霞

(地质矿产部南京地质矿产研究所, 南京 210016)

内 容 提 要

报道了长江下游地区中三叠统黄马青组中所产的遗迹化石是一个主要由节肢动物等造成的以水平进食潜穴和垂直的居住构造以及沿层面爬行的足迹组成的, 分异度相对较低但丰度相对较高的遗迹化石组合。通过遗迹化石共生组合的分析, 结合伴生遗体化石动物群的生态习性以及围岩物理成因沉积构造特征, 阐明了黄马青组的遗迹相并对其古环境问题进行了讨论, 同时还简要地描述了其中 11 个主要的遗迹化石属种。

关键词 遗迹化石 古环境 黄马青组 红层 中三叠统

1 前 言

遗迹化石能为人们提供多方面的地质信息已在生产和科学实践中得到很好的检验并已取得理想的效果, 为此引起越来越多的地质学者关注。遗迹化石的主要特点之一, 在于它们几乎都是原地形成, 就地埋藏和保存的, 致使其极有利于指示古代生物在造迹时所处的沉积条件和环境, 因此利用它们来研究古环境, 恢复古地理面貌即成为当前古遗迹学的主要研究方向之一。

黄马青组是分布于下扬子地区三叠系中的一段以紫红色陆源细粒碎屑沉积为主的地层, 自国人发现并创建此地层单位以来迄今已有近 70 年的历史。70 年来, 虽来自各方的研究者络绎不绝, 发表过累累论著, 在层序的厘定、界线的划分、生物的面貌及时代的归属等诸多方面取得长足的进展, 然对其中数量丰富的遗迹化石却很少有人过问, 更无人研究, 在已有的地质文献中往往仅以“虫管发育”等寥寥数字而一笔代过。

2 地层简介

黄马青组分布于长江下游苏、皖两省的沿江两岸, 向西延入湖北(鄂东南)境内。其中以江苏宁镇山脉及安徽安庆地区出露较好, 尤以南京鍾山及怀宁月山附近发育最佳, 厚度均在千米左右, 其余地区多发育不全或出露零星。该组原称“黄马青页岩”, 由谢家荣(1928)创建, 命名地在南京东郊鍾山脚下的黄马村和青马村一带^{**}, 后经众多学者研究, 对其层序、时代

* 国家自然科学基金资助项目(编号 49272072)。

** 谢氏原文附图注记的地名“黄马青”处虽有黄马村和青马村, 但历来实无此称呼, 笔者推测, 或由于原著者与当地乡民之间口音的差异, 误将黄马村听作“黄马青”所致。

及涵义作过多次更动与修订,目前一般将其定义为:整合于含膏盐及白云岩等蒸发岩沉积的嘉陵江组(又称周冲村组)和以含煤沉积为特征的范家塘组之间,由紫红色陆源碎屑岩为主组成的一个地层单位,时代归属于中三叠世的拉丁期(Ladinian)。

按其岩性组合特征,大体可进一步分为两段:下段(即所谓杂色层)除紫红色为主外夹灰色、黄色及灰绿色等粉砂质及泥质岩,底部有时夹少量泥灰岩,组成过渡相地层,厚 40 至 200 余米,产半咸水双壳类、海相叶虾类及淡水介形类等遗体化石;上段几乎全部为紫红色粉砂岩、页岩夹细砂岩组成的陆相地层,厚 800 至 1 000m 左右,产淡水介形类、轮藻及叶肢介等生物群。

3 沉积特征

黄马青组由粉砂岩、粉砂质页岩夹细砂岩和少量细砾岩及泥灰岩组成。其中粉砂岩和粉砂质页岩多薄层至中层状,少数呈厚层状,时含钙质,常富集呈钙质结核(图版Ⅳ,图 8)。此外层内发育多种沉积构造,主要有水平层理、小型沙纹层理、微波状层理(图版Ⅳ,图 2)、爬升层理、块状层理(图版Ⅳ,图 1)、透镜状层理及包卷层理(图版Ⅳ,图 3)等,下段有时尚具双向交错层理,层面上有时可见小型波痕(图版Ⅳ,图 4),偶见雨痕(图版Ⅳ,图 7)。细砂岩呈中层至厚层状,普遍含长石,具水平层理、交错层理(图版Ⅳ,图 5)以及呈斑点状和似蠕虫状生物扰动构造(图版Ⅳ,图 9)。砾岩一般呈薄层透镜体产出,其底面有时可见冲刷充填构造,砾石成分单一,主要为灰岩,多呈半棱角和次圆状,分选较差,砾径通常仅数毫米,砂泥质充填,泥及钙质胶结。泥灰岩一般含泥质成分较高,且多呈透镜状分布于下段近底部。

本组以紫红色粉砂岩和粉砂质页岩占主导地位,间夹细粒砂岩及页岩等,而且砂岩成分向上有增多的趋势。它们多呈互层产出,并常形成较明显的韵律。每个韵律的厚度不等,薄者不及 1m,厚者可达 30m 以上,一般在数米至十数米之间。各韵律往往自细砂岩或粉砂岩开始(有时以细砾岩或含砾砂岩为底),向上依次为泥质粉砂岩、粉砂质页岩及页岩,构成向上变细的韵律层,有的韵律层具鲍玛序列,与浊积岩颇类似。

据上所述,黄马青组主体部分的种种特征显示其系属悬浮沉积物垂向加积为主的产物,并常见于因洪水越岸泛滥时在洪泛平原或河间区低洼处,其岩石呈紫红色则往往与氧化条件有关,在某种程度上也代表曾受暴露的一种证据。岩层中所含钙质结核或与成壤作用有关,故与雨痕构造亦均可属暴露的标志。具鲍玛序列类似浊积岩的那些韵律层推测只不过是周期性的减速水流所引起的,结合上下岩层的沉积特征分析,可认为属泛滥平原河道(或分流河道)的缺口扇沉积。至于本组下段双向交错层理的出现,则说明当时的沉积明显地受到一定程度的海潮影响。

4 遗迹化石及分类

遗迹化石既是古代生物生存时的活动(习性)表现所留下的痕迹,也是生物成因的一种沉积构造,而且具有一定的形态特征。由于存在上述 3 种重要的属性,故目前在遗迹学中相应地出现 3 种独特的分类:即以形态差异为依据的形态分类,以生态习性为依据的生态分类和以保存状况为依据的保存分类。形态特征是遗迹化石属种系统分类、描述和命名的主要根

据,生态习性和埋藏保存状况对研究遗迹化石与地层、沉积作用和沉积条件以及古环境的关系有重要意义。

表 1 黄马青组主要遗迹化石及分类
Trace fossils and classification of Huangmaqing Formation

地 层		遗 迹 化 石								
组	段	组 合	属 种 名 称	习 性 分 类				保 存 分 类		
				居 住	进 食	爬 行	游 泳	内 生	表 生	底 生
黄 马 青 组	上 段	Scoyenia- Bifurculapes 组合	<i>Scoyenia gracilis</i> White		×			×		×
			<i>Ancorichnus</i> cf. <i>coronus</i> Frey, Pemb. et Fager.		×			×		×
			<i>Skolithos linearis</i> Haldeman	×				×		
			<i>Skolithos verticalis</i> (Hall)	×				×		
			<i>Arenicolites</i> sp.	×				×		
			<i>Bifurculapes</i> sp.			×			×	
			<i>Asaphoidichnus</i> sp.			×			×	
			<i>Diplodomorpha</i> sp.			×			×	
			? <i>Kouphichnium</i> sp.			×			×	
			? <i>Diplichnites</i> sp.			×			×	
			fish impressions				×		×	
	下 段	Rhizocorallium- Skolithos 组合	<i>Rhizocorallium irregulare</i> Mayer		×			×	×	
			<i>Rhizocorallium</i> sp.		×			×	×	
			<i>Skolithos</i> sp.	×				×		
			<i>Planolites</i> sp.		×			×	×	

从上表所列遗迹化石可见其主要由某些节肢动物、环节动物和蠕形动物所造成的住迹(domichnia)、食迹(fodinichnia)和爬迹(repichnia),以及可能由鱼类游泳时产生的泳迹(natichnia)。从保存状况来看,住迹均以内迹(endichnia)保存,食迹除以内迹外也有以底迹(hypichnia)或表迹(epichnia)保存者,而爬迹和泳迹则均以表迹方式保存,且爬迹常以成串的足迹(track)所形成的行迹(trackway)留印在平整的层面上。

5 遗迹化石组合

根据遗迹化石属种在层位中的分布分析,黄马青组下段见到的遗迹化石有 *Rhizocorallium irregulare*, *R.* sp., *Skolithos* sp. 及 *Planolites* sp. 等,由于露头零星,在一定程度上难窥其中遗迹化石组合的全貌,初步定为 *Rizocorallium-Skolithos* 组合。它们多产于暗紫、紫红及灰绿色粉砂质页岩内,以水平及微波状层理较发育为特征,伴生的遗体化石有半咸水双壳类,如 *Trigonodus* sp. 与 *Rizocorallium* 共同保存在一起(图版Ⅲ,图 6,7),淡水介形类及植物碎片等。

黄马青组上段的遗迹化石组合以水平的进食潜穴和垂直的居住构造以及在层面上爬行

的足迹占主导地位,拖迹(trail)及停迹(cubichnia)少见。这些遗迹化石在地层序列中多次出现而且数量甚多,然而属种则较单调,显示为一丰度较高而分异度较低的遗迹化石组合,在此称其为 *Scoyenia-Bifurculapes* 组合。该组合尚可进一步分出两种类型:一种以层内进食迹为特征,主要为 *Scoyenia gracilis* 和 *Ancorichnus cf. coronus*,且层内居住迹的垂直潜穴 *Skolithos linearis* 及 *S. verticalis* 等亦占相当比重,此外还有很少量的 *Arenicolites* sp.。这些遗迹化石多产于紫红色薄层至中厚层泥质粉砂岩中,粉砂岩常具水平层理和微波状层理,有时含钙质结核,伴生有淡水介形类、叶肢介及轮藻等遗体化石。另一种类型以爬迹,即由成串的足印形成的行迹组成为其特征,主要包括 *Bifurculapes* sp., *Asaphoidichnus* sp., *Diplopodomorpha* sp., ? *Kouphichnium* sp., ? *Diplichnites* sp., 此外尚见鱼类印痕(fish impressions)。上述遗迹化石分布于紫红色薄层粉砂质页岩和页岩层面上。此类围岩水平纹层发育,层面平坦,尚发现有视作暴露标志的雨痕构造。

6 遗迹相及古环境讨论

遗迹化石不是随机分布的,而是明显地存在一定的共生组合,同时也反映出一定的环境特征,因此根据遗迹化石的共生组合以及由它们所定义的遗迹相已成为当前古遗迹学解释古环境主要的分析研究方式。自 Seilacher(1964)开始提出 4 个遗迹相以来,就目前所知,已被识别和定义并命名的有 10 个,即 *Scoyenia*, *Teredolites*, *Trypanites*, *Glossifungites*, *Psilonichnus*, *Curvolithus*, *Skolithos*, *Cruziana*, *Zoophycos* 及 *Nereites* 相。

这里需要提出的,Seilacher(1967)建立 *Scoyenia* 相时原指近海岸附近陆相砂页岩红层中由一套低分异度的无脊椎和脊椎动物的足迹、拖迹和潜穴(burrow)组成的特殊的共生组合。由于后来人们的不同解释和任意使用,大大地改变了其原有的概念以致一度成为泛指陆相遗迹组合的同义词,从而使它基本丧失了指示环境的意义。与一般的误解相反,一些遗迹学家明确地指出 *Scoyenia* 相只是陆相领域众多(包括尚未命名和需进一步研究的)遗迹相中的一种(Frey, Pemberton and Fagerstrom, 1984; Ekdale, Bromley and Pemberton, 1984; Frey, Pemberton and Saunders, 1990; Gierlowski-Kordesch, 1991)。Frey 等曾结合他人有关研究成果分析,将此遗迹相限定为一个由 *Scoyenia gracilis*, *Ancorichnus coronus* 和生态相同的进食潜穴为主,其次有爬迹和垂直居住构造组成的低分异度遗迹共生组合;其造迹生物习性及其围岩沉积构造反映的环境一般共性为水极浅、低能量,不时暴露于空气中但仍保持湿润和塑性底质的细粒砂泥质沉积,暗示形成于间歇湖的滨岸带及水流缓慢的河漫滩,而且似以河流泛滥平原占优势(Frey, Pemberton and Fagerstrom, 1984; Frey and Pemberton, 1984; Frey, Pemberton and Saunders, 1990)。尽管目前对 *Scoyenia* 相尚有争议(Bromley and Asgaard, 1991),但从我们研究黄马青组遗迹化石的结果看来,上述给予适当限定了的 *Scoyenia* 相,应该说依然是个有效的概念。

黄马青组下段基本上由垂直和水平两种潜穴组成,且所发现的遗迹化石也多常见于 *Skolithos* 和 *Cruziana* 两遗迹相中,趋于两遗迹群混合的特征。结合该段所产遗体化石组合以及岩层中发育有双向交错层理等沉积构造推测,其环境可能处于水较浅,能量较低,盐度多变并受一定潮汐影响的滨海(河口湾、下三角洲平原)地带。

黄马青组从上段所含遗迹化石组合特征显示其属于 *Scoyenia* 相无疑,从伴生的某些遗

体化石群落古生态及围岩的物理性质及沉积构造特征也在一定程度上反映主要为浅水、低能且底质不时露出水面条件下形成的沉积物,和再定义的 *Scoyenia* 相所代表的环境一致。考虑到古地理位置,黄马青上段的沉积环境应属泛滥平原和上三角洲平原,相当于 Reineck 及 Singh(1980)的近海平原—三角洲组合,与现代世界上一些大河在其下游形成的广阔海岸平原相类似。

综上所述,黄马青组的遗迹化石组合序列表明了自下而上由滨海到陆相环境的过渡,是下扬子地区三叠纪海退时期结束海相碳酸盐沉积历史,开始转入以陆相碎屑沉积新阶段的产物。

7 遗迹化石属种描述

锚形迹 *Ancorichnus* Heinberg, 1974

弯曲锚形迹(近似种) *Ancorichnus* cf. *coronus* Frey, Pemberton et Fagerstrom, 1984

(图版 I, 图 2—4, 8)

描述 直—弯曲或波状起伏的管状潜穴,横断面呈圆至次圆形;直径 2—10mm,有变化;衬壁相对稍厚,表面光滑无饰;充填物呈新月形,末端接触衬壁。潜穴不分枝,一般平行或近平行层面分布,也有倾斜甚至垂直插入围岩,主要作为底生迹或内生迹保存。

讨论 该属以管状潜穴,衬壁光滑,具新月形充填构造为特征,已知有 3 种系根据充填物构造形态及其外侧与衬壁接触状态加以区分的。其中除 *A. capronus* (Haward and Frey, 1984) 充填物呈人字形构造外,其余 2 种,即 *A. ancorichnus* Heinberg, 1974 和 *A. coronus* 的充填物均为新月形,但前者新月形构造外侧末端未触及衬壁而后者则与衬壁接合并融为一体。相比之下本相似种与 *A. coronus* 更接近。这类潜穴被认为可能是蠕形动物的进食构造。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

拟栉虫迹 *Asaphoidichnus* Miller, 1880

拟栉虫迹(未定种) *Asaphoidichnus* sp.

(图版 II, 图 5)

描述 较大型足迹,可显成行排列,组成行迹。行距 3—4cm,单个足印长约 1cm,呈双裂叉状,形状可变化。

讨论 *Asaphoidichnus* 被认为很可能由三叶虫栉虫科中的等称虫(*Isotelus*)造成的,本未定种只能认作某种带螯的节肢动物。

产地层位 南京岔路口,黄马青组上段。

双叉迹 *Bifurculapes* Hitchcock, 1858

双叉迹(未定种) *Bifurculapes* sp.

(图版 II, 图 3, 7)

描述 足迹呈 4 行组成规则的直或微弯的行迹。单个叉状足印往往在底端接合而形成 V 字形印痕,且接合的底端向张开端印痕相对由深变浅。两排足迹近平行,前后两足印间的距离相等。

讨论 双叉迹的特征及规则的 4 行足迹,底端相接时形成小叉。此间获得的标本除少数外多属底端相接的类型,这可能在造迹时与底质较软有关。它们和产于美国马萨诸塞州三叠系中的模式种(*B. laqueatus* Lull, 1953)对照,明显小得多,因限于资料等原因暂归作双叉迹属的未定种。该属一般被认为是昆虫形成的爬迹。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

双趾迹 *Diplichnites* Dawson, 1873

双趾迹? (未定种) ? *Diplichnites* sp.

(图版 II, 图 3)

描述 一行略弯曲的足迹保存于紫红色具微细水平层理的粉砂质页岩的层面上。每个足迹由一对纤细而略微延长(1—2mm)并可以约近直角相会合的印痕组成,足迹之间距离 11mm 左右。

讨论 推测该遗迹可能是两行足迹中的一行,因在上覆的薄层面上作为复印式的伏迹(undertrack)而被保存的,与之对应的另一行未复印上。这里所产标本与 Crimes 和 Germs (1982)描述产自纳米比亚的 ? *Diplichnites* sp. 特征很相似。*Diplichnites* 可出现在干涸的河流环境。

产地层位 南京岔路口,黄马青组上段。

倍足迹 *Diplopodomorpha* Chiplonkar et Badwe, 1970

倍足迹(未定种) *Diplopodomorpha* sp.

(图版 II, 图 2)

描述 足迹作两行,排列成行迹。行距 7—8mm,前后足迹之间的距离约 4mm,单个足印由 2—3 个小瘤聚集而成。

讨论 此未定种特征与 *Diplopodomorpha* 的属征基本一致,该属被认为可能由节肢动物中的倍足类造成的足迹。

产地层位 南京岔路口,黄马青组上段。

趾形迹 *Kouphichnium* Nopsca, 1923

趾形迹? (未定种) ? *Kouphichnium* sp.

(图版 II, 图 4, 6)

描述 未见成行的行迹,仅为零散分布的异型足迹,有的呈 V 字形,有的呈扇形。压印在具水平纹层发育的紫红色页岩层面上。

讨论 这些足迹推测为蜃类或类似的异足类节肢动物于上覆层面造成并以伏迹保存的。

产地层位 南京岔路口,黄马青组上段。

根珊瑚 *Rhizocorallium* Zenker, 1836

不规则根珊瑚 *Rhizocorallium irregulare* Mayer, 1954

(图版Ⅲ,图3-5)

描述 简单而较长的U形潜穴,与层面平行或斜交,甚至近垂直分布;其中轴线直或弯曲,两臂管直径2—5mm,二者彼此平行或有变化,相隔距离1—2.5cm,其间具蹼状构造,臂管的外壁常见明显而较连续的条痕。

讨论 通常认为 *Rhizocorallium* 多属近平行或微倾斜与层面分布的表生迹,而且开始垂直向下数厘米后急剧地呈直角弯转作水平状态(Hätzshel, 1975),此外 Basan 和 Scott (1977)讨论 *Rhizocorallium* 的埋藏状态则倾向形成于层面。Ager 和 Wallace(1970)还认为它们呈倾斜或呈水平状态保存取决于水的深度。然而我们见到它们在同一层内不仅有平行层面分布的也有斜交和垂直层面的,甚至可在一块标本上同时出现(图版Ⅲ,图1,2)。由此看来, *Rhizocorallium* 不仅能以表生迹保存,也可以内生迹保存,同时也暗示它们的分布状态取决于水的深度一说难以成立。

产地层位 安庆月山马山桥,黄马青组下段。

斯戈阳迹 *Scoyenia* White, 1929

纤细斯戈阳迹 *Scoyenia gracilis* White, 1929

(图版I,图5,7,9)

描述 直至微弯曲、不分枝潜穴,横切面呈圆或次圆形,直径2—10mm,沿纵向有时具收缩和膨胀的轻微变化。潜穴长度不等,内部可见新月形回填构造,衬壁表面具纤细而密集的近平行但不连续的纵条纹。潜穴主要以内迹或底迹保存,可与层面平行、倾斜甚至近垂直分布。

讨论 黄马青组中所产标本与产自美国亚利桑纳州二叠系赫尔米特页岩的 *S. gracilis* 正模标本特征基本一致,和东格陵兰 Carlsberg Fjord 西海岸三叠纪红层中所产的同种标本亦极相似。目前的 *Scoyenia* 似仍为单种的属,该种亦被视为 *Scoyenia* 相的重要识别标志。这类潜穴曾被认为可能由多毛类动物造成的,然据 Frey, Pemberton 和 Fagerstom (1984) 论述,应以节肢动物为其造迹者可能性更大。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

针管迹 *Skolithos* Haldemann, 1840

线形针管迹 *Skolithos linearis* Haldemann, 1840

(图版I,图1,6)

描述 简单的井状潜穴,直和微弯,不分枝;横断面圆至次圆形,直径3—7mm,沿纵向可略有变化,但多数较均匀;潜穴长数厘米至十余厘米或更长,垂直层面或稍倾斜分布;衬壁明显至不显,表面一般较光滑,有时粗糙或具环状构造。在地层中作内生迹保存,通常分布较密。

讨论 *Skolithos* 是已知分布非常广泛的遗迹属之一,已建的遗迹种亦较多。Alpert (1974)曾对其作过系统评述,并在35个已命名的遗迹种中指定了5个有特色的遗迹种, *S. linearis* 即为其中之一。它包括了从密集到相对分散的多种类型,并被认为是环虫或帚虫类的居住构造。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

垂直针管迹 *Skolithos verticalis* (Hall, 1843)

(图版 I, 图 3)

描述 直—微弯井状潜穴,不分枝;横断面圆形,直径 1—4mm;长 2—10cm,垂直或近垂直插在地层中;衬壁光,偶有皱纹。

讨论 该种亦为 Alpert(1974)指定的 5 种之一,较 *S. linearis* 细小,一般均较分散,从不密集分布,潜穴中的充填物较易风化脱落。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

鱼印痕 Fish impressions

(图版 II, 图 1)

描述 印痕呈一系列新月形沟痕相互平行作单行排列留印在紫红色薄层粉砂质页岩较平坦的平面上,属表生迹。单个印痕长 4—8mm,宽 1—1.5mm,弧顶处沟痕相对深和宽,向两端逐渐变浅变细而最终消失,印痕之间的距离相等约 5mm。层面上尚可见断续弯曲拖痕。

讨论 此类印痕与 Schäfer(1972)和 Sarjeant(1975)曾描述和讨论过的北海 fish impressions 的特征基本一致,但这里应是一种生活在水底层并且不善泳的淡水鱼类于运动时由其展开的胸鳍(或腹鳍)刮擦沉积物表面产生的。微呈弯曲的断续沟痕可能由鱼的尾鳍在沉积物表面留下的拖痕。

产地层位 南京鍾山,黄马青组上段。

主 要 参 考 文 献

- 沈炎彬,1983: 论我国新发现的中三叠世叶虾类——扬子虾(*Yangzicaris* gen. nov.). 古生物学报, **22**(3):346—354.
- 金福全,1987: 合肥盆地侏罗系红层发现陆相遗迹化石 *Scoyenia*. 合肥工业大学学报, **9**:91—95.
- 胡 斌、吴贤涛,1993: 川西峨眉晚白垩世夹关期河流沉积中的痕迹化石群落. 古生物学报, **32**(4):478—489.
- Alpert, S. P., 1974: Systematic review of genus *Skolithos*. Jour. Paleontol., **48**(4):666—669.
- Basan, P. B. and Scott, R. W., 1979: Morphology of *Rhizocorallium* and associated traces from the Lower Cretaceous Purgatoire Formation, Colorado. Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol., **28**(1/2):39—80.
- Bromley, R. G. and Asgaard, U., 1979: Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland, Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol., **28**(1/2):39—80.
- Bromley, R. G. and Asgaard, U., 1991: Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. Lethaia, **24**(2):153—163.
- Crimes, T. P. and Germs, G. J. B., 1982: Trace fossils from the Nama Group (Precambrian—Cambrian) of Southwest Africa (Namibia). Jour. Paleontol., **56**(4):890—907.
- Ekdale, A. A., Bromley, R. G. and Pemberton, S. G., 1984: Ichnology: The use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy. Soc. Econ. Paleontol. Minerals. Tulsa, Oklahoma.
- Frey, R. W. and Pemberton, S. G., 1984: Trace fossil facies models. In Facies models (ed. R. G. Walker), Geol. Assoc. Can., Geoscience Canada Reprint Series 1(2nd ed.):189—207.
- Frey, R. W., Pemberton, S. G. and Fagerstrom, J. A., 1984: Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*. Jour. Paleontol., **58**(2):511—528.
- Frey, R. W., Pemberton, S. G. and Saunders, T. D. A., 1990: Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. Jour. Paleontol., **64**(1):155—158.

- Gierlowski-Kordesch, E., 1991: Ichnology of an ephemeral lacustrine/alluvial plain system, Jurassic East Berlin Formation, Hartford Basin, U. S. A., *Ichnos*, **1**: 221—232.
- Goldring, R. and Seilacher, A., 1971: Limulid undertracks and their sedimentological implications, *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **137**(3): 422—442.
- Häntzschel, W., 1975: Trace fossils and Problematica (2nd ed.). In *Treatise on invertebrate paleontology* (ed. Teichert, C.). Pt. W, miscellanea, supp. 1, p. 1—269. Geol. Soc. Amer. Univ. Kansas press.
- Reineck, H. E. and Singh, I. B., 1980: *Depositional sedimentary environments* (second, revised and updated edition). pp. 1—549. Springer-Verlag, New York.
- Sarjeant, W. A. S., 1975: Fossil tracks and impressions of vertebrates. In *The study of trace fossils* (ed. R. W. Frey), pp. 288—324. Springer-Verlag, New York.
- Seilacher, A., 1967: Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, **5**: 413—428.

[1995年11月20日收到]

TRACE FOSSILS AND PALAEOENVIRONMENT OF HUANGMAQING FORMATION (MIDDLE TRIASSIC) IN LOWER YANGZI REGION*

Bi De-chang, Qian Mai-ping and Guo Pei-xia

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016)

Key words: trace fossils, palaeoenvironment, Huangmaqing Formation, red beds, Middle Triassic

Summary

The Huangmaqing Formation (Middle Triassic) of Lower Yangzi Valley consists mainly of purplish red siltstone, shale and fine-grained sandstone about 1 000m in overall thickness and can be subdivided into two members based on lithologic character.

The Lower member, i. e., so-called Multicoloured Bed, is dominated by red beds with some grey yellow, greyish-green and other coloured fine-grained clastic rocks and a small number of intercalated beds of marl, yielding the trace fossils *Rhizocorallium irregulare*, *R. sp.*, *Skolithos sp.*, *Planolites sp.*, etc., with associated body fossils including not only nonmarine ostracods but also brackish-water bivalves, conchostracans and even marine bivalves as well as phyllocarids. Host rocks with bidirectional cross-bedding formed under the influence of tidal action.

* The project is supported by the National Natural Science Foundation of China (no. 4927072).

Upper Member almost all composed of red beds formed by fine-grained clastic rocks (sometimes with calcareous nodules), containing the trace fossils *Scoyenia gracilis*, *Ancorichnus* cf. *coronus*, *Skolithos linearis*, *S. verticalis*, *Bifurculapes* sp., *Arenicolites* sp. and fish impressions, together with nonmarine body fossils such as ostracods, conchostracans, charophytes and plants. Sedimentary structures of surrounding rocks including horizontal bedding, small-ripple bedding, convolute bedding and rainprints.

Based on trace fossil associations and ichnofacies, combined with analysis on ecology of associated fauna as well as physical sedimentary structures of host rocks, the Lower Member of the Huangmaqing Formation may belong to a mixed *Skolithos-Cruziana* ichno-coenosis in so far as a feature of the trace fossil association consisting mainly of both horizontal and vertical burrows, and may be a marginal marine (estuaries, lower deltaic plain) environment with highly variable salinity, low-energy, shallow water, and affected to some extent by tidal action. The trace fossil association in the Upper Member should doubtlessly belong to *Scoyenia* ichnofacies. In addition, the evidence from habitat of accompanied fauna and lithologic character also indicate a deposition in the shore zone of ephemeral lake and along the overbank of sluggish stream, which is similar to the extensive coastal plain (flood plain, upper deltaic plain) formed by some modern big rivers on their lower reaches. It is evident that the vertical succession of trace fossil association reflects a transition in descending order from marginal marine to terrestrial environment of the Huangmaqing Formation during the Triassic regression.

图 版 说 明

标本保存于南京地质矿产研究所地层古生物研究室。

图 版 I

1. *Skolithos linearis* Haldemann 野外照片。
2. *Ancorichnus* cf. *coronus* Frey, Pemberton et Fagerstrom $\times 1$, 编号: 库2。
3. *Ancorichnus* cf. *coronus* Frey, Pemberton et Fagerstrom 及 *Skolithos verticalis* (Hall) $\times 1$, 编号: Zi-32b。
4. *Ancorichnus* cf. *coronus* Frey, Pemberton et Fagerstrom 横断面衬壁充填物。 $\times 1.5$, 编号: Zi-32C。
5. *Scoyenia gracilis* White 衬壁及充填物, 外部衬壁呈白色与还原作用有关。 $\times 1.5$, 编号 Zi-11。
6. *Skolithos linearis* Haldemann 野外照片。
7. *Scoyenia gracilis* White $\times 1.5$, 编号: Zi-12。
8. *Ancorichnus* cf. *coronus* Frey, Pemberton et Fagerstrom $\times 1$, 编号: Zi-10。
9. *Scoyenia gracilis* White 新月形充填构造。 $\times 1$, 编号: 库1-下。

图 版 II

1. fish impressions 新月形擦痕(右)及弯曲拖痕(左)。 $\times 1.5$, 编号: Zi-24。
2. *Diploporomorpha* sp. $\times 1.5$, 编号: 采5-2
3. ?*Diplichnites* sp. (右)及 *Bifurculapes* sp. (左)。 $\times 1.5$, 编号: 采4-2。
4. ?*Kouphichnium* sp. V形足印。 $\times 1.5$, 编号: 采顶上。

- 5. *Asaphoidichnus* sp. ×1, 编号: 采顶三。
- 6. ?*Kouphichnium* sp. 扇形足印。×1.5, 编号: 采顶一。
- 7. *Bifurculapes* sp. ×1.5, 编号: Zi-22。

图 版 III

- 1. *Rhizocoralium* 同时分布于水平和垂直的两个面上。 ×0.8, 编号: A₁-0。
- 2. *Rhizocoralium* 相互以不同方向分布在同一个面上。 ×1, 编号: A₁-15。
- 3—5. *Rhizocoralium irregulare* Mayer 均×1, 编号 A₁-19, A₁-13, A₁-16。
- 6. *Rhizocoralium* sp. 与半咸水双壳类遗体化石 *Trigonodus* sp. (下) 共生。 ×1, 编号: A₁-10。
- 7. *Rhizocoralium irregulare* 与半咸水双壳类 *Trigonodus* sp. (右上) 共生。 ×1, 编号: A₁-17。

图 版 IV

- 1. 块状层理(粉砂岩)。
- 2. 水平层理及微波状层理(粉砂质页岩)。
- 3. 包卷层理(泥质粉砂岩)。
- 4. 小型波痕(粉砂岩)。
- 5. 交错层理(细粒砂岩)。
- 6. 河流环境沉积物常见的绿色还原斑点(紫红色粉砂质页岩)。
- 7. 雨痕(页岩)。
- 8. 钙质结核(泥质粉砂岩)。
- 9. 斑点状及蠕虫状生物扰动构造(浅紫色细砂岩)。







