

文章编号:1000-0550(2001)03-0440-04

Gyrolithes: 边缘海沉积的特征遗迹化石^①

齐永安 胡斌

(焦作工学院资源与环境工程系 河南焦作 454000)

摘要 *Gyrolithes* 为螺旋形垂直居住潜穴,是具成对附肢的两侧对称甲壳类所建造,出现在近海泻湖和河口湾等边缘海和极浅海环境中,常与半咸水条件有关。塔里木盆地塔中地区诸多钻井的下志留统塔塔埃尔塔格组上部大量发育有此类潜穴,在局部层位可形成强烈的扰动构造。伴生的遗迹化石很少,只有极个别的 *Beaconites*。根据沉积学、地球化学和古生态学特征,这类潜穴形成在半咸水的泻湖环境中。这类潜穴外壁基本平直,在泥质沉积物中掘穴深度大而不变形,而且其充填物与围岩完全不同,这些特点表明 *Gyrolithes* 为固底控制的遗迹化石。

关键词 *Gyrolithes* 半咸水泻湖 固底控制遗迹化石 环境意义 塔里木盆地

第一作者简介 齐永安 男 1963年7月出生 博士 副教授 地层学与沉积学

中图分类号 Q911.28 **文献标识码** A

1 *Gyrolithes* 特征描述

Gyrolithes 为左旋或右旋的螺旋形潜穴,潜穴直径 2~5 cm,长度 15~60 cm,垂直层面或略倾斜。螺旋管直径 1~2 cm,粗细变化不大,始端比末端稍粗,因很难见到完整个体,其顶、底部形态尚不清楚。潜穴管壁光滑,偶尔有平行螺旋管的皱纹壁衬。

由于缺乏现代研究实例,产生 *Gyrolithes* 的造迹生物仍不清楚。观察发现,在 *Gyrolithes* 螺旋形潜穴管内侧发育有皱纹状壁衬 (corrugations lining),这类构造在判定造迹生物及其行为时是非常有用的。这些凸出的脊平行于螺旋管斜面,这种不规则性表明 *Gyrolithes* 并不是软体动物和腹足动物的居住潜穴,因为这些动物在潜穴通道内上下移动,会留下平直而光滑的潜穴管,一个带爪动物能更好地适应产生。*Gyrolithes* 中的皱纹状壁衬在潜穴中是连续的,它维持一个稳定的几何形态,这种现象表明造迹生物有一个非常坚硬的身体,形成这种脊的身体部位最可能是掘穴甲壳类的坚硬背甲^[1]。关于 *Gyrolithes* 造迹生物的一个重要证据是较多人发现这些这种遗迹常递变为 *Thalassinoides* 和 *Ophiomorpha*^[1,2]。现代研究者认为后两类遗迹是由美人虾类动物所建造,因此有理由相信 *Gyrolithes* 也是由这种甲壳类形成,而且很可能是由具成对附肢的两侧对称甲壳类的不对称挖掘的结果^[1]。节肢动物在掘穴过程中,以其爪和腿将沉积物从潜穴中带出到底质表面抛弃,当其同时旋转时,只用身体一侧的腿向下挖掘,这样动物就形成了一个向下

的螺旋状形态。

关于 *Gyrolithes* 的环境意义, Germant^[1] 曾做过详尽的论述。在对众多关于 *Gyrolithes* 的研究进行评价后, Germant 指出: *Gyrolithes* 仅仅出现在泻湖、河口湾等边缘海环境中,而且常常与半咸水条件有关,这种结论以 *Gyrolithes* 在边缘海环境中的大量出现和其在其它环境中的缺乏为特征,在检查北美广泛的中陆架至非海相中新世沉积物中,没有一个非边缘海环境发育 *Gyrolithes*。他同时指出, *Gyrolithes* 常与明显的不整合相伴生,但不整合上下地层具有相似的沉积特征,这说明这种不整合规模小,仅发育在边缘海环境中。

Beynon、Pemberton^[3] 和 Ranger、Pemberton^[4] 曾分别在近海泻湖和河口湾点砂坝等半咸水沉积中也发现了大量的 *Gyrolithes*。与 *Gyrolithes* 伴生的仅有极少量的 *Cylindrichnus*、*Planolites*、*Skolithos* 等,为极低分异度或单种组合。他们认为 *Gyrolithes* 的螺旋状形态反映了其造迹生物在沉积—水界面处对逃离强烈盐度变动的掘穴适应性,这表明 *Gyrolithes* 造迹生物有一种在沉积—水界面从物理—化学压力较大的环境中迅速撤退的能力。Beynon 和 Pemberton^[3] 甚至将 *Gyrolithes* 作为半咸水沉积的指示器。

2 研究实例:塔里木盆地下志留统塔塔埃尔塔格组 *Gyrolithes* 遗迹组构及其环境解释

特征描述 该遗迹组构以 *Gyrolithes* 的大量出现为特征,伴有少量的 *Beaconites*。产于 TZ11 井、TZ12

① 国家“九五”重点科技攻关 96-111 项目和焦作工学院博士基金共同资助

收稿日期:2000-09-20 收修改稿日期:2001-01-02

井、TZ31 井上部和 TZ4 井、TZ401 井粉砂质泥岩和粉砂岩中。

Gyrolithes 是螺旋形的垂直居住潜穴,螺旋形个体直径为 6 mm,而其造迹者向下挖掘时造成的潜穴宽度可达 10~12 mm。螺旋形个体内充填为浅色的粉砂,而个体外侧的潜穴内充填为灰绿色、深灰色的泥,二者颜色明显可辨。Gyrolithes 可对沉积物形成程度不同的扰动改造,当扰动强烈时,在 7 cm 宽的岩芯中出现 5~6 个螺旋形潜穴;扰动较弱时,只有 1~2 个个体清晰地保存在沉积物中。Gyrolithes 造迹者向下掘穴时,通常切穿了原先保存在沉积物中的沉积进

形成以后,沉积物脱水、压实,发生固化,产生半粘结性底质。此时 Gyrolithes 造迹者才在这种固底底质上掘穴,并且被发育低角度双向交错层理的含砾砂岩所侵蚀,形成侵蚀性不连续面。这种不连续面的存在表明曾发生过沉积间断。

环境解释 如前所述,Gyrolithes 常常与半咸水条件有关,与 Gyrolithes 相伴生的遗迹化石 Beaconites 仅出现在陆相与海陆过渡相沉积中^[5],英国遗迹学家 Goldring 教授在看过标本后也表达了同样的看法。此外,在沉积物中还广泛发育水下收缩裂隙(syneresis),这类构造被认为是淡、咸水的混合所形成的,也常常与半咸水条件有关^[3]。为了进一步阐明 Gyrolithes 的环境位置,对相关层位进行了微量元素分析,其结果是 B/Ga 比为 3.29~5.94, Sr/Ba 比 0.16, V/Ni 比为 2.54~3.25,上述分析也表明含 Gyrolithes 沉积物指示半咸水的盐度特征。由此可见,Gyrolithes 代表半咸水泻湖环境中形成的遗迹群落。这类群落以高丰度和极低分异度为特征,在局部层位个体数量非常多,在一个岩芯的宽度内(直径 7 cm)可出现 5~6 个螺旋形个体。这种现象说明在半咸水条件下,由于环境压力大,大多数海相生物难以生存,只有少数广盐型生物迅速殖居到这种不稳定的环境中。这类生物常为单种或单一种群,生物间竞争能力差,单体死亡率大,但扩散能力和再生能力强,在极短的时间内可达到极高的丰度。在生态学上,这类生物种被称之为机会种(opportunistic species),其形成的遗迹群落被称之为机会遗迹群落(opportunistic ichnocoenose)^[6,7]。

Gyrolithes 在塔里木盆地塔中地区诸多钻井的相同层位均有大量发现。这类螺旋形潜穴不发育壁衬,潜穴外壁基本平直,潜穴深度大,最大可达到 80 cm,螺旋形个体在潜穴中清晰可辨,而且其充填物与围岩完全不同。这些特点表明 Gyrolithes 为固底控制的遗迹化石,因为在泥质软底中不可能形成深达 80 cm 而仍不变形的规则潜穴。与 Gyrolithes 保存在同一套沉积物中的垂直潜穴 Skolithos 则全部呈现不同程度的弯曲形态,很少见到有平整直立的潜穴个体,这也说明沉积物遭受了一定程度的压实。这样,固底控制的 Gyrolithes 就区分出了与沉积间断有关的沉积性不连续面(depositional discontinuity surface)。这类不连续面常常代表了层序地层学中的重要界面^[8,9,10]。

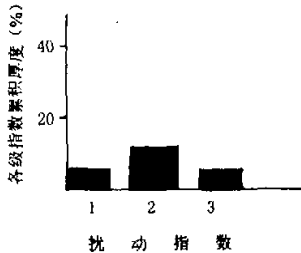


图1 Gyrolithes 遗迹组构生物扰动指数直方图
Fig.1 Distribution of indices in Gyrolithes ichnofabric

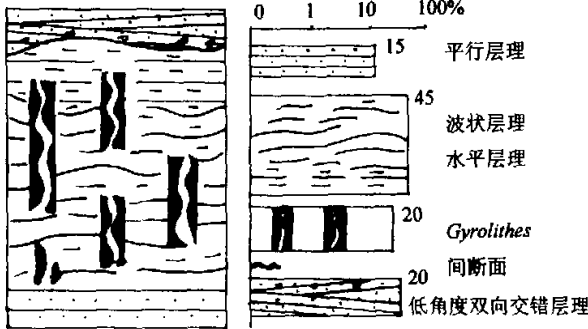


图2 Gyrolithes 遗迹组构组分图解
Fig.2 The constituent diagram of Gyrolithes ichnofabric

生物扰动指数与遗迹组构组分图解 对 Gyrolithes 遗迹组构发育层段进行逐层生物扰动指数统计可知(图1),各级扰动指数的地层在总厚度中所占百分比均较低,指数2占10%,指数1和指数3均占5%,未扰动层占50%。据此统计,该遗迹组构总体扰动水平很低,平均扰动指数为0.4。这说明在该遗迹组构发育期,尽管沉积速率低,但环境压力大,多数造迹生物不适应这种环境。

根据遗迹组构典型组分图解(图2),在波状层理

参考文献

- 1 Geruant R E. The palaeoenvironmental significance of Gyrolithes (Lebensspur)[J]. Journal of Palaeontology, 1972,46:735~741
- 2 Bromley R G, Frey R W. Redescription of the trace fossil Gyrolithes

- and taxonomic evaluation of Thalassinoides, Ophiomorpha and Spongeliomorpha[J]. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 1974, 23: 311~335
- 3 Beynon B M, Pemberton S G. Ichnological signature of a brackish water deposits: an example from the Lower Cretaceous Grand Rapids Formation, Cold Lake Oil Sands Area, Alberta[A]. In: Pemberton S G, ed. Application of Ichnology to Petroleum Exploration[C]. SEPM Core Workshop No. 17, 1992. 199~222
- 4 Ranger M J, Pemberton S G. The sedimentology and ichnology of estuarine point bars in the McMurray Formation of the Athabasca Oil Sands deposits, northeastern Alberta, Canada[A]. In: Pemberton S G, ed. Application of Ichnology to Petroleum Exploration[C]. SEPM Core Workshop No. 17, 1992. 401~421
- 5 Graham J R, Pollard J E. Occurrence of the trace fossil Beaconites antarcticus in the Lower Carboniferous Fluvialite Rocks of County Mayo, Ireland[J]. Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology, 1982, 38: 257~268
- 6 Ekdale A A. Palaeoecology of marine endobenthos [J]. Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology. 1985, 50: 63~81
- 7 Vossler S M, Pemberton S G. Skolithos in the Upper Cretaceous Cardium Formation: an ichnofossil example of opportunistic ecology [J]. Lethaia, 1988, 21: 351~362
- 8 MacEachern J A, Raychaudhuri I, Pemberton S G. Stratigraphic applications of the Glossifungites ichnofacies: delineating discontinuities in the rock record[A]. In: Pemberton S G, ed. Application of Ichnology to Petroleum Exploration[C]. SEPM Core Workshop No. 17, 1992. 169~198
- 9 齐永安, 胡斌. 塔里木盆地志留统塔塔埃塔格组遗迹化石与海进期沉积及海进体系域[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 23~26
- 10 齐永安. 遗迹化石与潮控滨线海泛面的识别及准层序相组合[J]. 矿物岩石, 1998, 18(4): 12~16

Gyrolithes: A Characteristic Trace Fossil in Marginal Marine Sediments

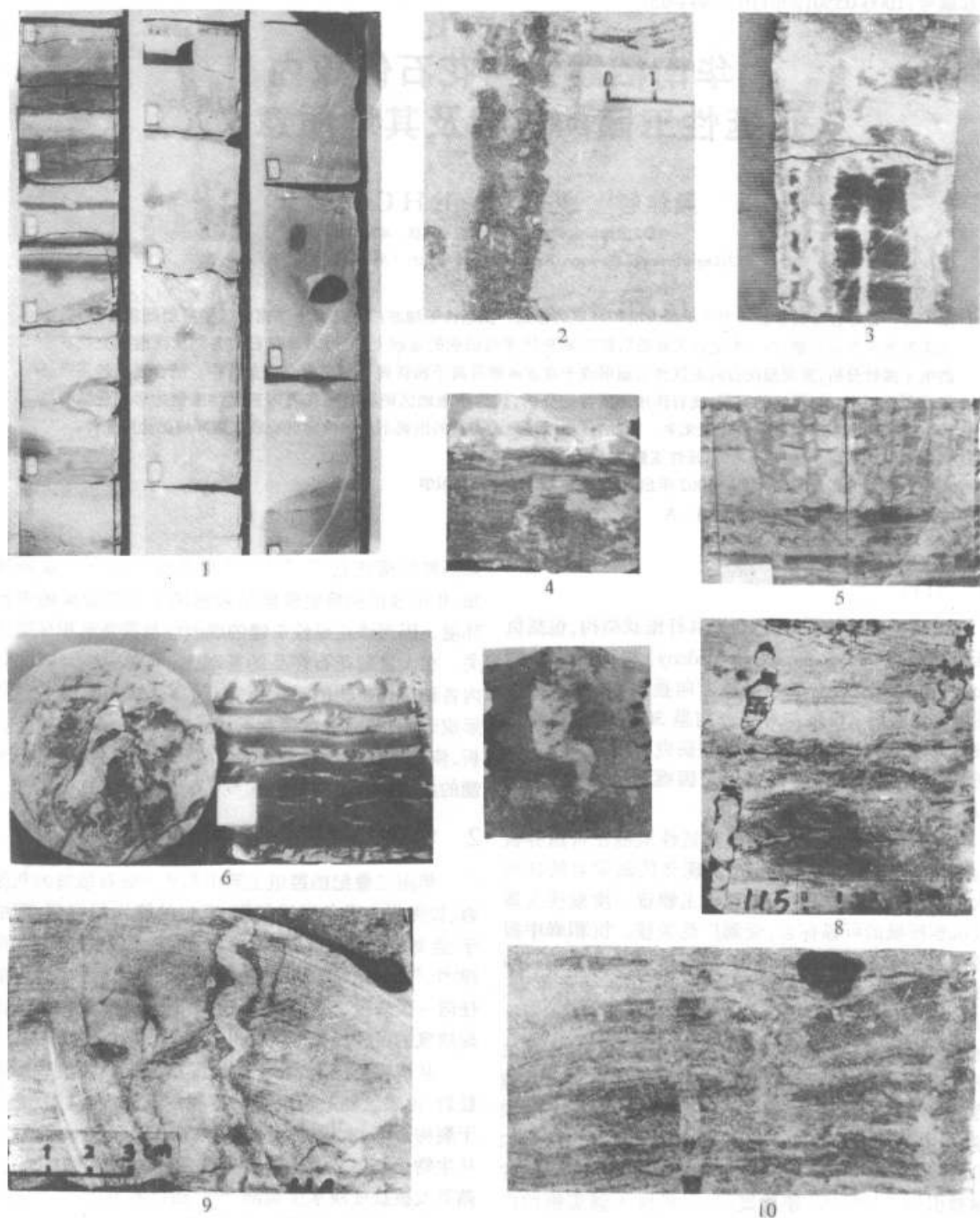
QI Yong-an HU Bin

(Jiaozuo Institute of Technology, Jiaozuo, Henan 454000)

Abstract

Gyrolithes, a kind of vertical dwelling burrow, may be formed by ilaterally symmetrical animals with paired appendages and often had a brackish water origin. Abundant trace fossils of *Gyrolithes* were occurred in the upper part of Tataaiertage Fm. Lower Silurian of many wells from Central Tarim basin, where the sediments were extensively bioturbated by *Gyrolithes*-animals and contained very rare trace fossils like *Beaconites*. Based on the sedimentological, geochemical and paleoecological features, *Gyrolithes* from Lower Silurian of Central Tarim basin is formed in brackish lagoon environment. This kind of trace is generally very sharp-walled and unlined, reflecting the stable, cohesive nature of the substrate at the time of colonisation and burrow excavation. It remained open after the tracemaker vacated the burrow, thus allowing material from the succeeding depositional event to passively fill the open structure. If the burrow had been excavated in mud, the domicile would have collapsed upon burrow vacation, unless lined. All these features indicate that *Gyrolithes* is a kind of firmground-controlled trace fossil.

Key words *Gyrolithes* brackish lagoon firmground-controlled trace fossil environmental significance Tarim basin



图版 I 说明 标本采自于新疆塔里木盆地塔中地区下志留统塔塔埃尔塔格组, 保存在焦作工学院遗迹化石陈列室。1. 中部的箱状岩芯中发育有众多的 *Gyrolithes*, 其中一个潜穴向下掘穴深度达 80 cm, 塔中 31 井塔塔埃尔塔格组上部; 2, 3, 8, 9. *Gyrolithes*, 部分潜穴因岩芯切割部位不同而不甚完整, 塔中 401 井塔塔埃尔塔格组上部; 5. 众多的 *Gyrolithes* 可反复在粉砂质泥岩中掘穴而相互叠覆在一起; 塔中 12 井塔塔埃尔塔格组上部; 4, 6, 7. 因淡、咸水混合而形成的水下收缩裂隙 *syneresis*, 塔中 401 井塔塔埃尔塔格组上部; 10. 呈弯曲状的 *Beaconites*, 可见到潜穴内部的蹼状构造, 塔中 401 井塔塔埃尔塔格组上。呈弯曲状的 *Beaconites*, 可见到潜穴内部的蹼状构造, 塔中 401 井塔塔埃尔塔格组上部。