

湖北宜昌王家湾五峰组顶部 *Chondrites* 的发现及其环境意义

张 森,陈孝红,王传尚

(宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌 443003)

摘要:本文报道了湖北宜昌王家湾剖面五峰组笔石页岩段观音桥层发现的遗迹化石 *Chondrites* 的分布及其生态特点。结合生物相和同期上扬子海盆相对海平面的变化,分析了盆地水体底域在缺氧-富氧转折时期的古氧相变化特征;指出五峰组笔石页岩段上部地层沉积底域为典型的缺氧环境,在其与上覆观音桥段之间的沉积转换面附近发生了从无氧到有氧的转变,观音桥段中 *Hirnantia* 动物群繁盛于富氧的海底环境。

关键词: *Chondrites*; 古氧相; 五峰组; 奥陶系; 湖北宜昌

中图分类号:Q911.2

文献标识码:A

1 概况

湖北宜昌王家湾出露的奥陶系/志留系界线剖面,保存有晚奥陶世-早志留世连续的笔石演化序列,是全球三个最好的奥陶系/志留系界线剖面之一^[1-2],为全球奥陶纪赫南特阶界线层型剖面。其五峰组顶部观音桥段,产丰富的三叶虫 *Dalmanitina* 和大量的腕足类化石。其中腕足类化石几乎集中了世界上所有 *Hirnantia* - *Kinnella* 动物群的代表属,本区 *Hirnantia* - *Kinnella* 动物群是世界上最发育、最典型的地区之一^[3-4]。由于王家湾剖面在全球上奥陶统上部赫南特阶以及奥陶系/志留系界线研究上的重要作用,王家湾剖面的研究一直倍受国内外学者的广泛关注,以至于该剖面上各门类化石均具有很高的研究水平。但本文有关观音桥层底部遗迹化石的发现和报道尚属首次,它

的初步研究,不仅为分析赫南特动物群发育的环境特征的具有重要意义,而且为探讨生物与环境圈层的耦合关系提供了新的材料。

2 化石的分布及描述

2002 年,笔者等在湖北宜昌王家湾剖面开展奥陶系/志留系界线研究时,在 *Normalograptus extrordinarius* 笔石带之上,即赫南特阶内发现有丰富的遗迹化石 *Chondrites*。此后在湖北远安苟家垭、秭归新滩以及江西武宁新开岭相当层位中也有该遗迹化石的发现(产地位置见图 1)。

宜昌王家湾剖面上的遗迹化石 *Chondrites* 产于 *Normalograptus extrordinarius* 笔石带上部 and *Hirnantia* - *Kinnella* 带下部(见图 2),在观音桥层底部 0.05m 厚的地层中最为发育。本次共采集丛藻迹(未定种)(*Chondrites* sp.)标本 6 块(图版 I 1~6),标本显示他们均为大体等角(40°+)树枝状分叉潜穴系统,并可见 1~3 次分枝。同一潜穴系统分枝粗细大体一致,单枝直径为 0.2 cm ±。含化石地层颜色为褐灰色,潜穴充填物较寄主地层颜色

收稿日期:2008-03-06

基金项目:“湖北 1:5 万分乡、莲沱、三斗坪、宜昌幅区”项目(编号:1212010710715)资助。

作者简介:张 森(1978-)女,助理研究员,从事地层古生物工作。

浅,为浅灰色,易于识别。未见其它遗迹化石,为单一的简单 *Chondrites* 遗迹组构^[5]。从遗迹化石的产出位置来看, *Chondrites* 遗迹群落与上部所产 *Hirnantia* 动物群之间不是突变过渡,二者之间存在短暂的共生现象,在其中的一块标本中可见遗迹化石与腕足类动物 *Hirnantia sagittifera* (McCoy) 共生(图版 I -3a)。

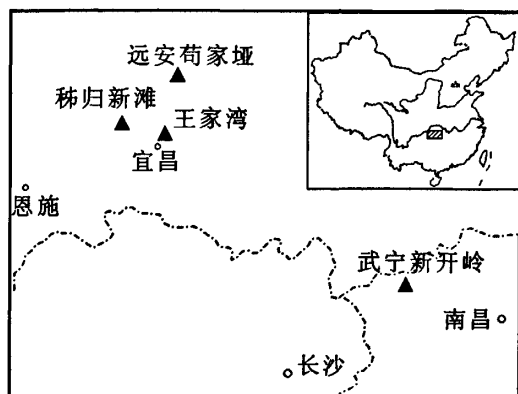


图1 化石产地图
Fig. 1 Maps showing the fossil location

3 *Chondrites* 的特征及其古氧相意义

古氧相反映出沉积物形成时沉积环境水体,尤其是底层水体的溶氧量特征。Rhoad 和 Morse^[6] 最早提出富氧、贫氧和厌氧的古氧相三分方案,而贫氧相和厌氧相又统称为缺氧相。古氧相的研究随着古生态学和遗迹学的发展而受到广泛重视,划分原则和识别标志也日趋完善^[7]。富氧相环境中钙质壳生物繁盛,沉积构造因生物扰动强烈而丧失殆尽。贫氧相环境以厚壳动物和深内栖动物群消失为标志,厌氧相环境则表现为后生动物缺乏,沉积水平层理发育。本次对王家湾剖面的研究表明,五峰期和赫南特期,扬子地区沉积的五峰组笔石页岩段和观音桥段,从其底栖生物群的发育状况和沉积物特征,可以识别出这三种典型的古氧相环境:

(1) 笔石页岩段指示的厌氧相 五峰期晚期 (*Paraorthograptus pacificus* - *Diceratograptus mirus* 笔石带), 扬子海盆为三面古陆环绕的半封闭滞流

海(穆恩之等,1981;陈旭等,1984,1986),为潮下静水环境,水循环性差,底层水体往往形成缺氧环境,五峰组笔石页岩段保存有丰富且完好的笔石化石就是这种缺氧环境得表现。浮游型的笔石和放射虫能够大量繁殖,其水体中必定含有丰富的氧和养料,而死亡后的笔石体被很好地保存下来没有被氧化,说明其水体下部严重缺氧,表明当时的扬子海盆中水体具有“双层水”结构特征,虽然上层水富氧,适合漂浮或浮游生物生存,但底层水体极度缺氧,底栖生物无法存活,显示出当时的氧化-还原界面位于水体上部,底层水体表现为缺氧的还原环境,沉积了五峰组黑色、灰黑色笔石页岩段。

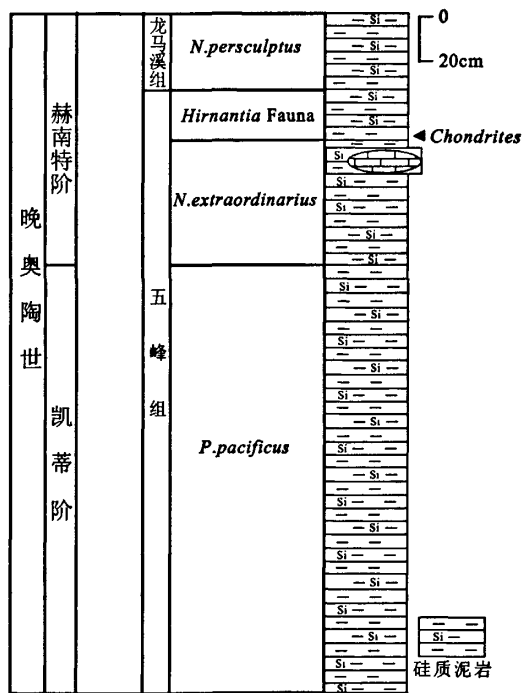


图2 王家湾赫南特期的 *Chondrites* 采样位置
Fig. 2 Map showing the *Chondrites* level found in the Wangjiawan section

(2) *Chondrites* 指示的贫氧相: *Chondrites* 造迹生物生活在沉积物表面以下数厘米处,虫管与层面斜交,形成一个或多个通到沉积物表面的开口水道,此时的底层水必定含有相当量的氧,向下循环以维持这些造迹生物的呼吸。由于没有发现底栖生物和其它遗迹化石,可见其底层水含氧量很非常

低。直到顶部才出现了与腕足类非常短暂的共生,可以推断出在这一期间,其底层水的含氧量虽很低,但在不断地增加,直到足以满足底栖类动物生存的条件。

早在 Rhoad 和 Morse 提出古氧相三分方案时,就将包括 *Chondrites* 在内的一些重要的遗迹属及其组合作为古氧相识别的重要标志。在 Savrda 等^[8]和 Ekdale 等^[9]研究并提出的海洋环境中底层水体含氧状态和遗迹化石间关系模式中,*Chondrites* 为 C 组合的主要分子,指示一种底层水为富氧或贫氧,孔隙水为缺氧的环境,即 *Chondrites* 造迹生物依靠底层水中的氧生活,对缺氧的孔隙水具有较强的忍受力。因此,当海底沉积环境从缺氧到富氧变化时,*Chondrites* 总是最早出现^[6,8-9],这一点在宜昌王家湾奥陶系/志留系界线附近表现得十分明显。

(3) 赫南特生物群指示的富氧相:此时 *Chondrites* 造迹生物消失,代之以钙质壳的赫南特动物群的大量繁盛。底栖赫南特贝的繁盛,毫无疑问地说明了此时的扬子海盆底为富氧环境。

晚奥陶世的宜昌上升^[10]也验证了这一点,广阔的扬子海逐步萎缩成为滞流盆地,扬子海盆的相对海平面不断下降^[11],沉积盆地内氧化-还原界面的位置也逐渐下移,底层水中溶氧量逐渐升高并达到一定比例,海底沉积环境从缺氧到富氧变化,直至该笔石带顶部时,氧化-还原界面与沉积界面大体一致,尽管沉积界面以下仍处于缺氧状态,但 *Chondrites* 造迹生物以其对环境适宜的生态方式开始大量侵入,以致在湖北宜昌和江西武宁新开岭等地五峰组 *N. extraordinarius* 带顶部普遍发育大量的 *Chondrites* 化石。到赫南特期中晚期,由于南极区冰盖的进一步积聚和扩增,发生了幅度达 50 ~ 100 m 的全球性海平面下降事件^[11-12]。其结果不仅导致上扬子区远岸较深水域中氧化-还原界面迅速地向下迁移到沉积界面之下,而且引起了底层水发生了从贫氧到富氧的转变。由于沉积底域含氧量的升高,*Chondrites* 造迹生物消失,代之以钙质壳的赫南特动物群的大量繁盛。而从 *N. persculptus* 笔石带开始,伴随大气和海水温度的回升,大陆冰盖迅速消融,导致全球海平面快速回升,扬子海盆又开始了新一轮的海侵,并引发新一轮的

缺氧事件,赫南特动物群又一次为早志留世早期浮游相笔石动物群所替代。

综上所述,扬子地区五峰组笔石页岩段和观音桥段,自下而上可以识别出三种典型的古氧相环境:即以五峰组黑色笔石页岩段为标志的厌氧相,以 *Chondrites* 遗迹相发育为标志的贫氧相和观音桥段以赫南特生物群发育为标志的富氧相。反映出该期沉积盆地的底层水体经历了由缺氧、贫氧到富氧的变化。龙马溪组黑色笔石页岩的出现,则代表着一次新的海侵和由此引发的海底缺氧事件的开始。

参加野外工作的还有陈孝红、王传尚,本文在完成过程中还得到了陈孝红研究员的帮助和指导。谨此致谢。

参考文献:

- [1] 汪啸风,倪世钊,曾庆奎,等. 长江三峡地区生物地层学(2)早古生代分册[M]. 北京:地质出版社,1987,43—137.
- [2] Chen Xu, Rong Jia-yu and Fan Jun-xuan. A proposal for a candidate section for restudy of the base of Silurian. INSUFEO, Serie Correlacion Geologica, 2003, 18: 119—123.
- [3] 曾庆奎. 峡东地区奥陶纪腕足类群落与海平面升降变化[J]. 宜昌地质矿产研究所所刊, 1991, 第 16 号, 19—33.
- [4] Chen Xu, Rong Jiayu, et al. A final report on the GSSP candidate of the Hirnantian Stage. 2004.
- [5] 龚一鸣. 遗迹化石 *Chondrites* 的指相意义和阶层分布[J]. 古生物学报, 2004, 43(1): 94—102.
- [6] Richard G. Bromley & A. A. Ekdale. *Chondrites*: A Trace Fossil Indicator of Anoxia in Sedimenta[J]. Science, Vol 25 May, 1984, 872—874.
- [7] 颜佳新,张海清. 古氧相—一个新的沉积学研究领域[J]. 地质科技情报, 1996 年 9 月, 第 15 卷第 3 期, 7—13.
- [8] Savrda C E, Bottjer D J. Trace-fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters[J]. Geology, 1986, 14: 3—6.
- [9] Ekdale A A, Mason T R. Characteristic trace-fossil associations in oxygen-poor sedimentary environments[J]. Geology, 1988, 16: 720—723.
- [10] 陈旭,戎嘉余,等. 上扬子区奥陶志留纪之交的黔中隆

- 起和宜昌上升[J]. 科学通报, 2001年6月, 第46卷12期, 1052—1056.
- [11] 戎嘉余. 华南奥陶、志留纪腕足动物群的更替兼论奥陶纪冰川活动的影响[J]. 现代地质, 1999, 390—394.
- [12] 陈旭, 丘金玉. 宜昌奥陶纪的古环境演变[J]. 地层学杂志, 1986, 第10卷第1期, 1—15.

Discovery of Chondrites in uppermost Wufeng Formation, in Wangjiawan Section, Yichang, Hubei, and its Environment Signification

Zhang Miao, Chen Xiao-hong, Wang Chuan-shang
(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China)

Abstract: The trace fossil Chondrites is discovered in the boundary interval between the black graptolite shale and Guanyinqiao Members of the Wufeng Formation in the Wangjiawan section, Yichang area, Hubei, China. Based on analysis of the paleoecological characters and related bifacies with the change of sea level of the Yangtze basin in the corresponding period, it is suggested that the fluctuations in the degree of palaeo-oxygenation of the bottom waters. Result from this paper is that the uppermost part of black shale of Wufeng Formation represented a typical oxygen-deficient environment, whereas the Hirnantia fauna flourished in aerobic environment, and between them, the Chondrites fauna indicated a obvious transition from oxygen-deficient to aerobic facies of the bottom water.

Key words: Chondrites; paleo-oxygenation facies; Wufeng Formation; Ordovician; Yichang Hubei

新 书 简 介

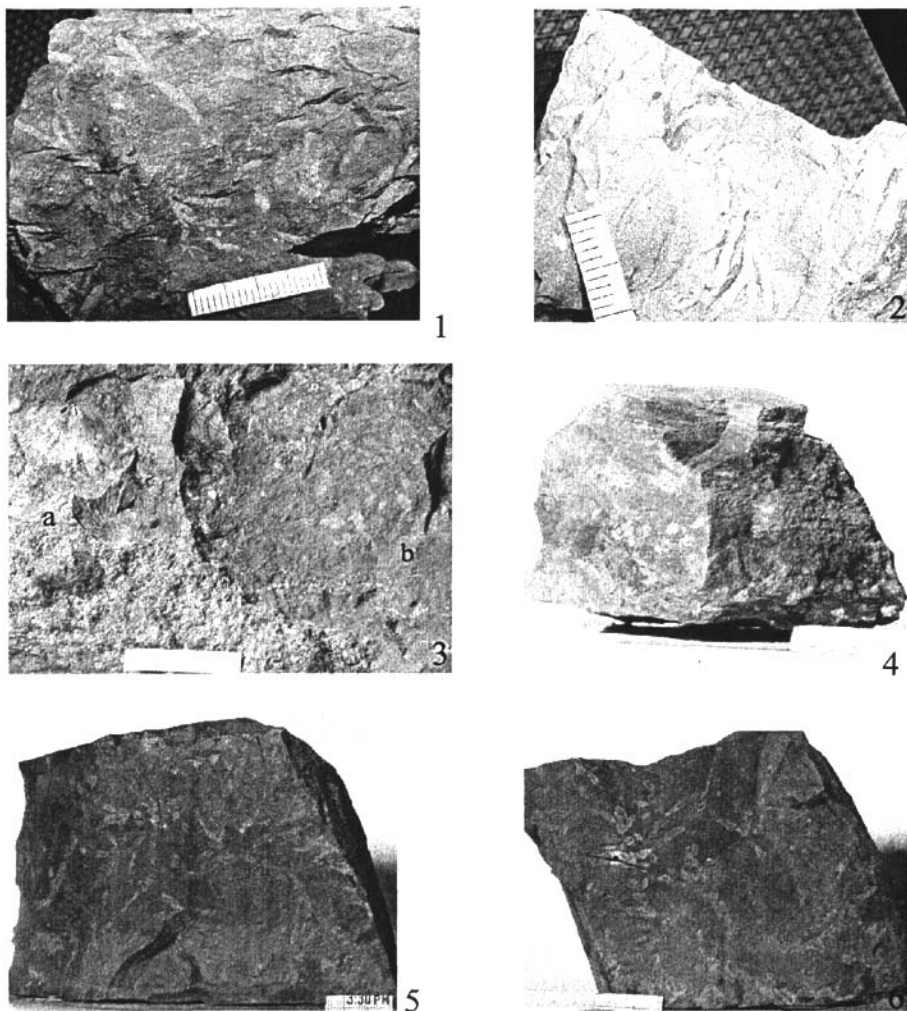
由宜昌地质矿产研究所陈立德、陈州丰等合著的《中线大宁河补水工程区区域地质与地质灾害》一书,近日由中国地质大学出版社出版发行。该书是在“大宁河流域环境工程地质调查评价”项目成果基础上完成的。书中介绍了南水北调中线大宁河补水工程区区域地质概况、区域环境工程地质条件及崩滑流等地质灾害的发育状况和基本特征。对拟建剪刀峡水库库尾发现的白鹿泥石流沟进行了初步的论述;对大宁河、堵河流域引水线路区岸坡稳定性进行了分段评价。分析了区域地质构造、新构造运动和活动断裂对引水路线工程的影响,认为位于引水线路区天然河道段的活动性青峰断裂带对引水工程的影响有限。

在初步评价大宁河补水工程东线和西线各方案工程地质条件的基础上,认为一级泵站大昌八角丘取水口场址工程地质条件较好;在比较檀木与神基坪站址环境工程地质条件的基础上,提出了檀木较神基坪更适宜做西线方案剪刀峡水库库尾二级取水口的新认识。西线剪刀峡(檀木-茅草坡)方案自大昌八角丘至剪刀峡隧址区地表岩溶发育,岩溶涌水、涌泥是该隧洞段关键性工程地质问题;檀木至茅草坡深埋长隧洞存在高地应力至软岩流变、长隧洞局部高压涌水、局部岩溶涌水、近河断裂接触性岩溶涌水等工程地质问题。

西线剪刀峡(檀木-茅草坡)方案在控制性越岭隧洞长度及其可实现最短单洞长度、隧洞埋深、不稳定岩体洞段长度等方面均存在一定优势。

该书的出版发行对于南水北调工程以及教学、科研工作均具有一定的实用和参考价值。

图版 I



(所有标本均保存于宜昌地质矿产研究所)

1. *Chondrites* sp. $\times 1.2$, 江西武宁新开岭。
2. *Chondrites* sp. $\times 1.9$, 江西武宁新开岭。
- 3a. *Hirnantia tagitifera* (McCoj) $\times 1.0$, 湖北宜昌王家湾, 晚奥陶五峰组观音桥层。
- 3b. *Chondrites* sp. $\times 1.0$, 湖北宜昌王家湾, 晚奥陶五峰组观音桥层。
4. *Chondrites* sp. $\times 0.9$, 湖北宜昌王家湾, 晚奥陶五峰组观音桥层。
5. *Chondrites* sp. $\times 0.55$, 湖北宜昌王家湾, 晚奥陶五峰组观音桥层。
6. *Chondrites* sp. $\times 0.55$, 湖北宜昌王家湾, 晚奥陶五峰组观音桥层。