

豫西中元古代汝阳群微生物形成的沉积构造简介

黄 秀¹ 张 钊^{2,3} 周洪瑞¹ 刘清俊^{1,4}

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中煤地质工程总公司, 北京 100073;

3. 中国煤炭地质总局特种技术勘探中心, 北京 100073; 4. 中国地质大学(北京)长城学院, 河北 保定 071000)

摘要: 豫西地区中元古代汝阳群砂岩中普遍发育微生物形成的沉积构造(Microbial Induced Sedimentary Structures), 简称 MISS 构造, 这些 MISS 构造在过去通常被误认为前寒武纪后生动物遗迹化石。本文对豫西地区中元古代汝阳群 MISS 构造的形态、结构及显微构造特征进行了详细地分析研究, 结果表明该区发育的 MISS 构造有 4 种类型: 多边形网状裂隙构造、纺锤形裂隙、鸟足形裂隙和典型的正弦曲线型 *Manchuriophycus* 构造。豫西地区中元古代汝阳群微生物形成的沉积构造的发现, 不仅表明这些砂岩层面上曾经存在微生物席活动, 对今后与一些微生物席活动有关的沉积构造的研究有着重要的借鉴意义, 为过去被误认为各种遗迹化石的修定提供了证据, 而且对恢复前寒武纪沉积古地理具有重要的意义。

关键词: MISS 构造; 汝阳群; 中元古代; 豫西地区

中图分类号: P583 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)05-1399-06

近年来对于前寒武纪碎屑砂岩中沉积构造的研究是一个热点课题, 其成因存在不同的观点, 主要有: 物理脱水收缩作用下的产物^[1]; 地震成因^[2,3]; 微生物席活动和沉积物相互作用的产物^[4-8], 并且将其命名为 Microbial Induced Sedimentary Structure, 简称 MISS 构造^[9]。随着研究不断地深入, 大多数学者认为前寒武纪碎屑砂岩中的沉积构造是微生物席活动和沉积物在一定条件的环境下相互作用的产物, 是前寒武纪沉积构造的重要标志, 该类沉积构造也被称为第五类原生沉积构造^[9]。

豫西地区中元古代蓊县纪汝阳群砂岩中普遍发育微生物形成的沉积构造, 这些微生物形成的沉积构造的发现不仅有利于对过去被误认为各种遗迹化石进行重新审视, 而且对恢复前寒武纪沉积古地理提供了重要的依据。

根据汝阳群中微古植物组合及叠层石面貌分别与燕山地区蓊县纪地层对比、舞阳云梦山组下部

所夹火山岩 Rb-Sr 等时线年龄为 1283 Ma^[10]、白草坪组泥质岩 Rb-Sr 等时线年龄为 1200 Ma^[11]、北大尖组海绿石砂岩的海绿石 K-Ar 年龄为 1140~1256 Ma, 平均(1183±73) Ma^[10], 可以确定本区中元古代地层的时代归属。

应特别指出的是: 近年尹崇玉等^[11]、高林志等^[12]在永济水幽等地的云梦山组、白草坪组和北大尖组中获得一批新的微古植物化石, 其所见种属, 目前在全球仅见于距今 1000 Ma 以来的地层中。因此, 主张将上述 3 组划归新元古代。但这一方案尚缺少必要的新的同位素年龄证据, 而现有的年龄数据都难以支持将其划入新元古界的方案。为此, 本文仍暂将云梦山组、白草坪组和北大尖组划归中元古界蓊县系。

1 微生物形成的沉积构造产出背景

豫西中元古代蓊县纪汝阳群总厚度 700~1500 m, 主要为一套海相陆源碎屑岩, 不整合覆于熊耳群

收稿日期: 2009-10-08; 改回日期: 2010-05-05

基金项目: 河南省国土资源厅地质矿产重大科技攻关招标项目(豫财招采购[2006]264号)资助。

作者简介: 黄秀, 女, 1981年生, 博士生, 从事含油气盆地沉积学研究; E-mail: huangxiu1983@yahoo.cn。

① 河南地矿局第三地调队. 河南省栾川县南部 1:5 万区域地质调查报告, 1977.

火山岩系之上,自下而上分为云梦山组、白草坪组、北大尖组(也有人将小沟背组归入汝阳群)^[13],各组之间为平行整合接触关系。云梦山组岩性主要为紫红色砂砾岩和石英砂岩;白草坪组为紫红色、暗紫红色、灰白色、灰黄色中细粒石英岩状砂岩夹紫红色粉砂质泥岩,局部为泥岩夹薄层砂岩;北大尖组为灰白色石英砂岩夹灰绿色页岩,顶部为砾屑、砂屑白云岩。

本文主要以澠池麦积沟和鲁山下汤汝阳群剖面中发现的微生物形成的沉积构造为研究对象。在澠池澠垣公路旁和鲁山下汤剖面中,微生物形成的沉积构造主要发育在中-粗粒、中-细粒石英砂岩层面上,砂岩中可见大型的冲洗交错层理、板状交错层理、槽状交错层理、平行层理,局部可见浪成交错层理。波痕构造特发育,有对称、不对称波痕,波脊有弯曲状、平直状、分叉状等,在砂岩层面上发育有泥裂,沉积环境以前滨-临滨为主。微生物形成的沉积构造部分与波痕构造共生,少数 MISS 构造发育在波谷内,部分 MISS 构造单独存在,没有伴生其他沉积构造。

2 微生物形成的沉积构造特征

豫西中元古代蓟县纪微生物形成的沉积构造普遍发育在砂岩层面上,属于层面构造^[6]。根据微生物形成的沉积构造的形态特征主要有:多边形网状裂隙构造、纺锤形裂隙、鸟足形裂隙和典型的正弦曲线型 *Manchuriophycus* 构造。由于这些裂隙构造形态奇特,发育普遍,过去常被误以为各种遗迹化石^[14-16]或是不规则的泥裂构造。

1) 多边形网状裂隙构造

多边形网状裂隙构造在砂岩层面上非常发育,形成不规则的网状,一般有三角形、四边形、矩形、五边形等,长度和宽度不太均匀,少数较均匀(图 1-A)。这种多边形网状裂隙构造与泥裂很相似,不同的是泥裂的横断面上有“V”型构造,而多边形网状裂隙构造则没有。这些裂隙构造多数与波痕共生,位于波谷内。

2) 纺锤形裂隙构造

纺锤形裂隙构造在汝阳群砂岩层面上普遍存在,一般与波痕共生,类型多样。裂隙一般比较平直,部分平行排列,部分以一定的角度相交,但没有形成规则的网状裂隙。外形常呈弯曲状,边缘较圆滑,中心部位较宽且向两端尖灭,一般长 4~5 cm,宽 0.5~1

cm(图 1-B)。

3) 鸟足形裂隙构造

在汝阳群砂岩层面上多期纺锤形裂隙构造叠加,形似鸟足,裂隙粗细大致相近,平均长 2~3 cm,宽 0.5~1 cm,且裂隙边缘较圆滑(图 1-C)。部分排列似乎有一定的规律性,但多为不规则排列,与蓟县剖面高于庄组第 3 段中不规则“鸡爪”状的臼齿状构造很形似^[17]。

4) 典型的正弦曲线型 *Manchuriophycus* 构造

在澠池麦积沟白草坪组砂岩层面上发现了与波痕构造共生的典型的正弦曲线型 *Manchuriophycus* 构造,且限定在波谷内,裂隙边缘圆滑,直径大小较一致,4~5 cm,长达 10 cm(图 1-D)。*Manchuriophycus* 最初被认为是遗迹化石或生物潜穴,后来认为是裂隙充填作用形成的一种假化石。近年的研究认为 *Manchuriophycus* 实际上可能是微生物席活动的结果,是微生物形成的沉积构造的一种^[18-20]。

据早年报道的沿砂岩层面水平分布的形状像螺旋状的遗迹^[14-16]也可能属于 *Manchuriophycus* 类型^[18](图 1-E)。

3 微生物形成的沉积构造的成因

豫西中元古代蓟县纪微生物形成的沉积构造几乎均发育在砂岩层面上,且沉积环境都是前滨-临滨。大量微生物形成的沉积构造的发现,说明了微生物席具有很强的粘结能力,能够在高能海相环境中与砂粒沉积物粘结^[21],并且这些微生物席所粘结的沉积物具有很强的粘结性和柔软性,在与各种物理营力作用相互作用时形成一系列独特的微生物形成的沉积构造,即第五类原生沉积构造^[9]。在后期水流侵蚀过程中,微生物席的粘结性对这些原生沉积构造起到了重要的保护作用^[21]。然而形态不同的微生物形成的沉积构造,其具体的成因也可能不同。如多边形网状裂隙构造与泥裂很相似却不同,其原因可能是微生物席活动所引起的结果^[22]。纺锤形裂隙可能是微生物席暴露在地面发生脱水收缩作用形成的^[23]。鸟足形裂隙外形上不仅表现为纺锤形裂隙的多次叠加,而且与臼齿状构造也很形似,其成因可能是微生物席经历了多次的地面暴露和水流的冲刷,也可能与臼齿状构造的成因相似,但需要进一步研究。*Manchuriophycus* 构造的成因存在不同的观点:(1)微生物席暴露水面发生脱水收缩作用形成的^[18];(2)具有粘性的沉积物在



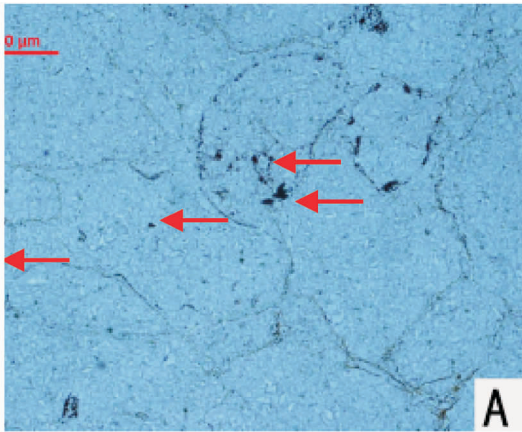
图 1 豫西地区中元古代汝阳群砂岩层面上的微生物形成的沉积构造

Fig.1 MISS in sandstone beds of Mesoproterozoic Ruyang Group, western Henan Province

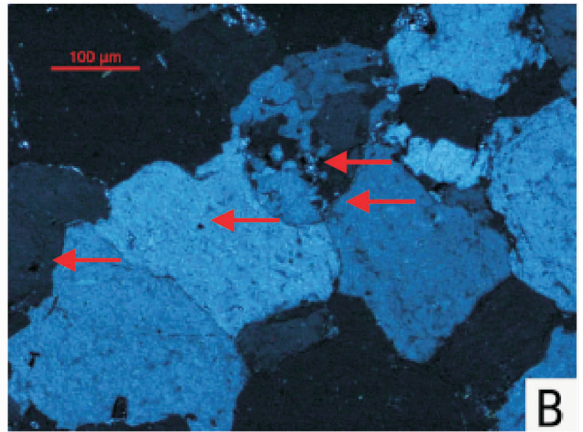
沉积过程中发生脱水收缩作用形成的^[24]。较为合理的解释是在砂岩层面上的微生物席由于其内部普遍存在粘状超细胞聚物质 (extracellular polymeric substances), 简称 EPS^[25], 使得席面变得平滑, 在一定程度上减少了水流的摩擦力^[26], 在波谷处侵蚀能力较波峰处弱, 所以微生物席大多发育在波谷内, 后期暴露水面发生脱水收缩作用形成 *Manchuriophycus* 构

造。可能正因为微生物席的粘结作用, 使得微生物席能够在一定的环境条件下发生收缩、破裂, 形成形态独特的裂隙, 并且在后期的侵蚀作用中对裂隙起到了一定的保护作用, 使得裂隙不完全被破坏掉。

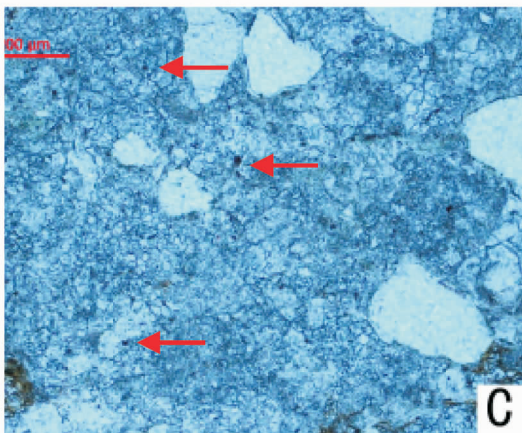
发育于豫西地区中元古代蕨县纪汝阳群砂岩层面上的微生物形成的沉积构造不仅仅在形态上表明这些砂岩层的沉积面上曾经存在微生物席活动, 通



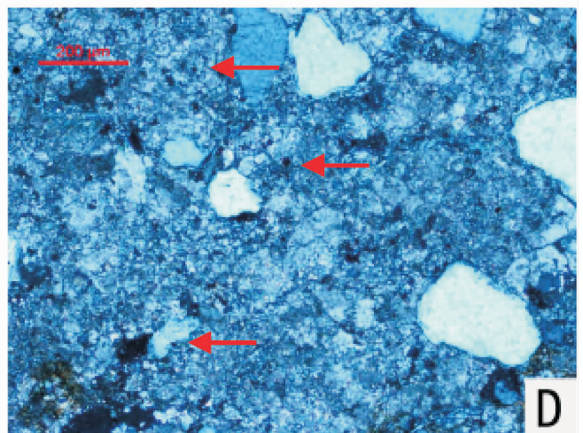
A 单偏光,石英颗粒表面上有着许多黑色的小斑点(箭头所指)和云母



B 是 A 的正交偏光



C单偏光,白云石胶结物含量较多,石英颗粒相对较小,胶结物中含有黄铁矿(箭头所指)



D 是 C 的正交偏光

图 2 豫西地区中元古代汝阳群砂岩层面上的微生物形成的沉积构造的显微图像
Fig.2 Photos showing microstructures of MISS in sandstone beds of Mesoproterozoic Ruyang Group, western Henan Province

通过对汝阳群微生物形成的沉积构造的显微镜下研究也显示出了微生物席活动的特征。如图 2 所示:(1) 在石英颗粒的表面上有着许多黑色的小斑点和云母(图 2-A,B), 云母大部分呈碎片状, 少数为细长条状。黑色小斑点可能是早期卷入的藻席碎片^[27], 也可能是微生物席活动在石英颗粒表面留下的痕迹, 云母可能是微生物席粘结和捕获作用的结果;(2) 石英颗粒较小, 颗粒之间的填隙物主要为白云石胶结物, 胶结物含量较高, 可能是微生物席粘结作用过程中有机矿物聚集抵抗水流侵蚀的结果^[28](图 2-C,D); (3) 在胶结物中含有黄铁矿, 可能是因为微生物席具有一定的封闭性, 在缺氧环境下会发生矿化形成自

生厌氧性矿物, 其中黄铁矿便是微生物席存在的标志之一^[24,29](图 2-C,D)。

4 结 语

近几年来对于前寒武纪碎屑砂岩中存在的沉积构造的研究,虽然取得了重要进展,但仍存在许多问题有待于今后进一步研究。豫西地区中元古代蓟县纪汝阳群砂岩中的微生物形成的沉积构造的发现和初步研究,对今后类似沉积构造的阐释与研究有着重要的借鉴意义,也有利于对前寒武纪早期微生物的深入研究,为过去被误认为各种遗迹化石的修定提供了证据,而且对恢复前寒武纪沉积古地理提供

了重要的依据。

参考文献 (References):

- [1] Knoll A H, Sweetk. Carbonate deposition during the Late Proterozoic era: An example from Spitsbergen [J]. *American Journal of Science*, 1990, 299A: 104–132.
- [2] Pratt B R. Syneresis cracks: Subaqueous shrinkage in argillaceous sediments caused by earthquake-induced dewatering [J]. *Sedimentary Geology*, 1998, 117: 1–10.
- [3] Pratt B R. Molar-tooth structures in Proterozoic carbonates: Origin from synsedimentary earthquakes and implication for the nature and evolution of basin and marine sediments [J]. *GAS Bulletin*, 1998b, 110: 1 028–1 045.
- [4] Riding R. Microbial carbonates: The geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms [J]. *Sedimentology*, 2000, 47(1): 179–214.
- [5] Stolz J F. Structure of Microbial Mats and Biofilms [C]// Riding R E, Awramik S M. (eds). *Microbial Sediments*. Berlin: Springer, 2000: 1–8.
- [6] Noffke N, Gerdes G, Klenke T, et al. Microbially induced sedimentary structures—A new category within the classification of primary sedimentary structures [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2001, 71: 649–656.
- [7] Noffke N, Knoll A H, Grotzinger J. Sedimentary controls on the formation and preservation of Microbial mats in siliciclastic deposits: A case study from the upper Neoproterozoic Nama Group, Namibia [J]. *Palaios*, 2002, 17: 1–14.
- [8] Noffke N, Gerdes G, Klenke T. Benthic cyanobacteria and their influence on the sedimentary dynamics of peritidal depositional systems (siliciclastic, evaporitic salty and evaporitic carbonatic) [J]. *Earth-Science Reviews*, 2003, 12: 1–14.
- [9] 梅冥相, 孟庆芬, 刘智荣. 微生物形成的原生沉积构造研究进展综述 [J]. *古地理学报*, 2007, 9(4): 353–367.
Mei Mingxiang, Meng Qingfen, Liu Zhirong. Review on study progress of microbial-formed primary sedimentary structures [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9 (4): 353–367 (in Chinese with English abstract).
- [10] 关保德, 耿午辰, 戎治权, 等. 河南东秦岭北坡中—上元古界 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1988: 143–176.
Guan Baode, Geng Wuchen, Rong Zhiqian, et al. *The Mesoproterozoic—Upper Proterozoic in the North Slope of the East Qinling in Henan* [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1988: 143–176 (in Chinese with English abstract).
- [11] 尹崇玉, 高林志. 华北地台南缘汝阳群白草坪组微古植物及地层时代探讨 [J]. *地层古生物论文集*, 1999, 27: 81–94.
Yin Chongyu, Gao Linzhi. The Micro ancient plants and stratigraphic age of Ruyang Group on the southern margin of the North China platform [J]. *Stratigraphy and Paleontology Essays*, 1999, 27: 81–94 (in Chinese with English abstract).
- [12] 高林志, 尹崇玉, 王自强. 华北地台南缘新元古代地层的新认识 [J]. *地质通报*, 2002, 21(3): 130–135.
Gao Linzhi, Yin Chongyu, Wang Ziqiang. New view of the Neoproterozoic strata on the southern margin of the North China platform [J]. *Regional Geology of China*, 2002, 21(3): 130–135 (in Chinese with English abstract).
- [13] 关保德, 潘泽成, 耿午辰, 等. 东秦岭北坡震旦亚界 [C]//天津地质科学研究所. *中国震旦亚界*. 天津: 天津科学技术出版社, 1980: 288–313.
Guan Baode, Pan Zecheng, Geng Wuchen, et al. *The Sinian Suberathem in the North Slope of the East Qinling* [C]//Tianjin Science and Technology Press, 1980: 288–313 (in Chinese with English abstract).
- [14] 胡建民, 孟庆任, 张维吉, 等. 豫西长城系遗迹化石及其意义 [J]. *地质论评*, 1991, 37 (5): 437–444.
Hu Jianming, Meng Qingren, Zhang Weiji, et al. Trace fossils from the Changcheng System in western Henan [J]. *Geological Review*, 1991, 37 (5): 437–444 (in Chinese with English abstract).
- [15] 杨式溥, 周洪瑞. 豫西前寒武纪汝阳群遗迹化石 [J]. *地质论评*, 1995, 41 (3): 205–210.
Yang Shipu, Zhou Hongrui. Trace fossils from the Precambrian Ruyang Group of western Henan [J]. *Geological Review*, 1995, 41 (3): 205–210 (in Chinese with English abstract).
- [16] 华洪, 胡云绪, 葛万筹, 等. 陕西洛南、河南汝阳中元古代几类遗迹化石 [J]. *西北大学学报*, 1992, (增刊): 39–41.
Hua Hong, Hu Yunxu, Jian Wanchou, et al. Several types of trace fossils of the Mesoproterozoic in Ruyang, western Henan and Luonan, Shaanxi [J]. *Journal of Northwest University*, 1992, (Supp.) 39–41 (in Chinese).
- [17] 梅冥相. 前寒武纪“白齿状构造谜”的一些认识: 来自天津蓟县剖面高于庄组的信息 [J]. *古地理学报*, 2007, 9(6): 598–610.
Mei Mingxiang. Some reviews on the Precambrian molar-tooth enigma: Information from the Gao yuzhuang Formation at Jixian section in Tianjin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(6): 598–610 (in Chinese with English abstract).
- [18] Pfluger F. Matground structures and redox facies [J]. *Palaios*, 1999, 14: 25–39.
- [19] Seilacher A. Biomat-related lifestyles in the Precambrian [J]. *Palaios*, 1999, 14(1): 86–93.
- [20] Gehling James G. Microbial mats in Terminal proterozoic siliciclastic: Ediacaran death masks [J]. *Palaios*, 1999, 14: 40–57.
- [21] Subir Sarkar, Pradip K Bose, Pradip Samanta. Microbial mat mediated structures in the Ediacaran Sonia Sandstone, Rajasthan, India, and their implications for proterozoic sedimentation [J]. *Geobiology*, 2007, 47(1): 293–301.
- [22] Parizot, Manuel, Patrick G. Eriksson, Subir Sarkar, et al. Suspected microbial mat-related crack-like sedimentary structures in the Palaeoproterozoic Magaliesberg Formation sandstones, South Africa [J]. *Precambrian Research*, 2005, 138: 274–296.

- [23] Bouougri E, Porada H. Mat-related sedimentary structures in Neoproterozoic peritidal passive margin deposits of the West African Craton (Anti-Atlas, Morocco) [J]. *Sedimentary Geology*, 2002, 153: 85-106.
- [24] Schieber J. Microbial mats in terrigenous clastics: the challenge of identification in the rock record [J]. *Palaios*, 1999, 14: 3-12.
- [25] Decho A W. Microbial exopolymer secretions in ocean environments: their role(s) in food webs and marine processes [J]. *Oceanographic and Marine Biology Annual Review*, 1990, 28: 73-154.
- [26] Noffke N, Hazen R, Eriksson K, et al. A new window into early life: microbial mats in a siliciclastic early Archean tidal flat (3.2 Ga Moodies Group, South Africa) [J]. *Geology* 2006, 34: 253-256.
- [27] Banerjee S, Jeevankumar S. MISS on sandstone and their stratigraphic context, Palaeoproterozoic, Koldaha Shale, Central India [J]. *Sedimentary Geology*, 2005, 175: 211-224.
- [28] 梅冥相, 孟庆芬, 高金汉. 前寒武纪海侵砂岩中的微生物砂质碎片: 以北京南口虎峪剖面大红峪组为例 [J]. *地学前缘*, 2007, 14 (2): 198-204.
- Mei Mingxiang, Meng Qingfen, Gao Jinhan. Microbial sand chips in transgressive sandstones of the Precambrian: an example from the Dahongyu Formation at the Huyu Section of the Nankou Town in Beijing [J]. *Earth Science Frontiers*, 2007, 14 (2): 198-204 (in Chinese with English abstract).
- [29] Schieber J. Possible indicators of microbial mat deposits in shales and sandstone: examples from the mid-Proterozoic Belt Super group, Montana, U.S.A. [J]. *Sedimentary Geology*, 1998, 120(1/4): 105-124.

Microbial Induced Sedimentary Structures (MISS) of the Mesoproterozoic Ruyang Group in western Henan Province

HUANG Xiu¹, ZHANG Zhao^{2,3}, ZHOU Hong-rui¹, LIU Qing-jun^{1,4}

(1. *The China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 2. *China Coal Geology Engineering Corporation, Beijing 100073, China*;
3. *The Special Technical Exploration of China National Administration of Coal Geology, Beijing 100073, China*;
4. *Great Wall College of China University of Geosciences, Baoding 071000, Hebei, China*)

Abstract: Microbial Induced Sedimentary structures (MISS) in sandstone beds are abundant in the Palaeoproterozoic Ruyang Group, western Henan Province. In the past, the MISS were regarded as the oldest trace fossils of metazoa in Precambrian. This paper has studied the characteristics of MISS's macroscopic morphologies, structures and microfabrics in the Palaeoproterozoic Ruyang Group of western Henan Province. The results suggest that there are four types of MISS, i.e., 'polygonal reticulation cracks', 'spindle cracks', 'bird foot cracks' and 'Manchuriophycus'. An observation of the microbial induced sedimentary structures in the Palaeoproterozoic Ruyang Group reveals the occurrence of photoautotrophic microbial mats in sandstone beds from the Precambrian up till now. It is very useful not only to understanding of some sedimentary structures induced by living microbial mats and reconfirming the structures regarded in the past as the oldest trace fossils of metazoa in Precambrian but also to the reconstruction of the sedimentary environment in Precambrian.

Key words: Microbial Induced Sedimentary Structures; Ruyang Group; Palaeoproterozoic; western Henan Province

About the first author: HUANG Xiu, female, born in 1981, doctor candidate, engages in the study of petroliferous basin sedimentology; E-mail: huangxiu1983@yahoo.cn.