

山西黎城中元古代砂岩层面多种痕迹特征及成因初析

郑元¹⁾, 吕洪波²⁾, 章雨旭¹⁾, 王敏¹⁾, 孙闯³⁾

1) 中国地质科学院, 北京, 100037; 2) 中国石油大学(华东), 山东青岛, 266555;

3) 成都理工大学, 成都, 610059

内容提要:山西黎城地质公园中元古界砂岩夹页岩的层面上除波痕、泥裂等常见构造外,有“石蚯蚓”、弧形迹、星形迹等多种遗迹,用简单的力学原理难以解释它们的形成机制。初步分析认为,自由弯曲水平潜穴(meander burrows)或爬迹(Nereites)、交叉“S”或“8”字形遗迹可能为生物遗迹或与微生物席有关的构造;而星形迹两端变尖,常组成三射星形,与已报道的冰晶痕相似。更可贵的是,我们可以看到这些痕迹间具有渐变过渡的特征,这提示我们研究这些痕迹的成因必须统筹而系统地考虑问题。

关键词:生物遗迹;微生物席;冰晶痕;中元古界;黄崖洞;黎城地质公园;山西

在山西黎城地质公园中元古界砂页岩的层面上有大量的层面构造,除常见的波痕、泥裂等外,有些可能是冰晶痕,类似于宋天锐等(1987)报道的北京十三陵地区长城系常州沟组下部的冻裂充填构造。而大量的遗迹笔者等觉得难以用沉积学或力学原理解释,查阅原1:20万地质图说明书^①,未见报道。

对比文献发现,有些遗迹相似于胡健民等(1991)(注:从原著所附作者简介及同时刊发的第一作者照片看第一作者的真名应当是胡健民,但原著和CNKI上用的都是胡建民,后人的引用中有胡建民也有胡健民)、杨式溥等(1995)、齐永安等(2005)在豫西中元古代汝阳群云梦山组和北大尖组(其时代有人认为为蓟县纪、有人认为为长城纪),华洪等(1993)在宁夏贺兰山中元古界长城系黄旗口组,高建华等(1993)在天津蓟县中元古界长城系大红峪组发现的遗迹化石,这些遗迹被认为可能是后生动物蠕虫类在砂岩表面觅食等留下的遗迹。有些遗迹与史晓颖等(2008)报道的贺兰山地区中元古代微生物席构造相似。

但是,在黎城地质公园黄崖洞景区的种类远多于已有报道,且可见冰晶痕、生物遗迹间有渐变过渡的类型;有些冰晶痕或生物遗迹与泥裂也有相近之处。

笔者等拟在此报道这些痕迹的主要特征,并对

其成因作简单分析,以便专家们进一步研究,并为游人们提供一个基础认识。

1 表面痕迹的分布及所在地层的时代

黎城地质公园位于NNE—SSW向太行山隆起的中南段,处于中元古代—古生代地层构成的和缓背斜的轴部和西翼。本文研究的表面痕迹主要见于黄崖洞景区,少数见于附近的善陀景区,它们均位于黎城县北部的黄崖洞镇,是当年八路军兵工厂所在地,是红色旅游圣地。

表面痕迹产于灰黄色砂岩夹少量页岩组成的地层中,这套砂页岩不整合于太古宇的片麻岩、混合岩之上,被下寒武统泥岩不整合覆盖,其时代在《左权幅1:20万区域地质图》^①、《1:50万山西省地质图》^②、《华北地区地质图》(乔秀夫等,2001)等上均被标为中元古界常州沟组和串岭沟组,但这显然是与燕山地区岩性对比的结果,确凿的地质时代尚缺乏严密的证据(章雨旭等,2005)。

缓倾斜砂岩夹泥岩地层构成了深切峡谷和单面山断崖地貌,与河北的嶂石岩地貌(郭康,1992;郭康等,1997,1999,2007)、河南的云台山地貌(赵逊等,2005;高亚峰,焦慧元,2007)等具有相似的地貌特征,为太行山地区特有的地貌类型。这类地貌可为人们提供美的享受,其中的陡崖为中元古代砂岩

注:本文为山西省黎城县政府黎城地质公园建设项目的成果。

收稿日期:2008-10-11;改回日期:2008-11-20;责任编辑:郝梓国。

作者简介:郑元,男,1962年生。中国地质科学院高级工程师。现主要从事地质公园建设等研究。Email:zhengyuan8819@sina.com。

地层提供了良好的观测露头,为华北地区中元古代地层对比、沉积环境探讨、古气候重建以及生物演化研究提供了良好的观测场所。

所研究的表面痕迹主要见于黄崖洞保卫战烈士纪念碑至水窑兵工厂道路的铺路石上。铺路石为就近取材于路旁的串岭沟组砂岩夹泥岩地层中的砂岩层。少量照片摄于相邻的善陀景区(基岩露头),在自西井至武乡的公路边也可见到这些痕迹。

2 岩层表面痕迹的特征

黎城地质公园的常州沟组和串岭沟组中发育大量的表面构造,许多表面构造的成因归属尚难以确认。

泥裂构造比较容易辨认,呈多边形,具有一定深度,可以切过多层等。然而,在景区分布最多的是与典型泥裂构造近似的层面构造。这些构造往往显示为沿着砂岩层面分布的多边形或网状痕迹,局部痕迹往往呈弯曲的弧形,然宽窄不一,内部充填着与砂岩层一样的细砂或粉砂,但厚度不大,一般小于0.5 cm,有的甚至仅仅为1mm以内的突起,难以发现典型泥裂上宽下窄的“V”字形剖面。有些表面构造成三角星形,且顶端变尖。

2.1 典型的泥裂构造

典型的泥裂构造往往见于砂岩的底面,为泥岩顶面泥裂构造的铸模(图版 I-6; III-8),其中前者还显示出多期次不同规模的泥裂之叠加。这些铸模虽然显示出泥裂构造上宽下窄的特征,但由于泥岩夹层都很薄,很难看到V形剖面的尖棱特征(图版 I-6; III-8)。这些记录典型泥裂构造的砂岩层底面都显示出紫红色,显然反映了当时炎热干旱的环境特点。

2.2 “石蚯蚓”构造

位于两层面之间,常呈弧形,就象压在两个层面之间的蚯蚓,并不深入岩层之中(图版 I-1. I-2),难以解释为泥裂构造。

2.3 弧形痕迹

2.3.1 自由弯曲水平潜穴(meander burrows)或爬迹(Nereites)

这类痕迹一般呈圆柱形砂脊沿着砂岩层面蜿蜒曲折地分布,其横切面为圆形,粗细一致,直径大约3~4mm,单体弯弯曲曲延伸,很少交叉,局部相接(图版 I-3)。根据其形态特征,应该为典型的水平爬迹,最可能为造迹动物在泥质沉积物表面觅食痕迹。

2.3.2 交叉“S”或“8”字形水平潜穴

这类潜穴沿着砂岩层面分布,单体似乎呈S形弯曲,但多因交叉而构成“8”字造型,一般未观察到横向饰纹(图版 I-4、I-5)。

然而,最具特色的“S”形潜穴是发现于“天上人家”景区山崖侧砂岩层顶面上的水平潜穴,单体为直径3~4mm的水平柱体,粗细均匀,在层面上呈“8”字形弯曲交叉(痕迹点位GPS值:N36°47.324'; E113°22.984')。痕迹主要分布于微型波状起伏层面的相对低洼处,其痕迹侧面还保留有明显均匀的横向皱纹(transverse rugae)。横纹宽不超过1mm,因痕迹点常有羊群休息,痕迹的上表面已经受到磨损而保存不全,推测横向皱纹在痕迹柱体的外壁都有分布。仔细观察,该痕迹明显不与其下的砂岩内部相连,而是独立于上、下层沉积物之外(图版 I-7, I-8)。

胡健民等报道过河南省宜阳长城系云梦山组类似的痕迹化石,其中命名的汝阳县环迹也是与层面平行的管状痕迹,外壁具横向环节,直径3~4mm,被看作环节动物觅食痕迹(胡健民等,1991)。虽然胡健民等提供的图版不太清楚,但经比较其图版特征发现,河南长城系的痕迹外壁横向环节并非与痕迹完全垂直,似乎有螺旋状趋势,而本文介绍的横向皱纹却完全与痕迹柱体垂直,没有螺旋趋势,故不是完全一样的痕迹。

根据本痕迹一般作“8”字形沿层面水平分布的特征和典型的横向皱纹判断,应为蠕虫动物的爬行痕迹,更可能为进食并排泄的痕迹,而环形皱纹应为动物向前蠕动留下的痕迹。

2.4 星形或线形痕迹

沿着层面呈现出三支的星状形态,虽然每条痕迹中间稍微宽而两端稍微窄,但痕迹在层面上一定范围内分布相对均匀,突起不大(图版 II-1、2、3, II-6)。与之相近的是某一方向的特别发育,形成了一定的定向性(图版 II-4、5)。它们的共同特点是两端变尖。

本文的这一类构造与宋天锐等(1987)报道的北京十三陵地区长城系常州沟组下部的冻裂充填构造相近。但在黎城县的常州沟组和串岭沟组薄层砂岩层面上所见的典型的泥裂构造和红色砂泥岩应该表明系干旱炎热环境,如果这些构造确为冰楔构造,则反映这里的日温差或年温差很大。

史晓颖等(2008)研究贺兰山地区中元古代石英砂岩层面构造时发现许多与本类痕迹类似的痕

迹,认为是微生物席干缩造成的构造。

而对于某一方向特别发育而具有定向特征的线型迹也称网状水平潜穴(*Paleodictyon*),该类潜穴主要为沿着砂岩层面分布的粗细较均匀的潜穴,局部相接但交叉较少,往往具有定向性,表现为某个方向延伸的痕迹为主并相互平行,而其他方向的痕迹相对较少(图版 II-4, II-5)。网状潜穴曾经被看作海底原生动物 *xenophyophores* 的印痕(Swinbanks, 1982)。但后来多被看作蠕虫类动物在海底水、泥界面之下不足 1cm 深度范围内活动留下的网状通道,主要目的是捕获营养,因此被看作觅食迹(grazing trace),最常介绍的属种为 *Paleodictyon*,但这类痕迹多发现于深水相中(Benton and Harper, 1997),而且主要看作寒武纪以来的属种而发现于海洋环境(Ekdale, 1980; Swinbanks, 1982)。本文所介绍的网状水平潜穴显然并非深水属种,而是位于潮间带或潮下带范围。最可能的造迹动物为蠕虫类,要么是在水底砂层之上薄薄的软泥中挖掘的进食通道,要么是在微生物席之下开凿的潜穴,还有待于进一步研究。

2.5 过渡类型

从众多痕迹的特征看,最值得注意的也许是它们彼此共生,而且存在相互过渡的现象。

图版 II-7、8,图版 III-1、2、3 均表现为两头变尖的弧形,与星形一直线形和弧形均有相似之处,应为两者的过渡类型。而图版 III-5 与前述几图虽仍很相似,但已更像泥裂构造。

每个单一的痕迹往往沿着层面呈现弧形特征,但可以有局部交接,然而在层面上却分布不均匀。在砂岩层底面上分布的明显显示出下突的脊状痕迹,而在砂岩层顶面分布的却显示出明显的下凹裂开痕迹,且明显地比周围层面粗糙,好像周围的层面上涂抹了一层光滑的薄膜(图版 III-2、3, III-5)。

2.6 砂岩层内同质砂球粒(sand pellets):

该特殊构造发育于善陀景区入口通往“天上人家”景点途中,在一层 20 多厘米厚的灰白色纯石英细砂岩中见同样是石英砂构成的“砾石”散布其中,初看似垂直的圆柱,而仔细观察却是分散于整层石英砂岩内部的球形团块,直径多数为 1~3 cm,个别的达 3 cm 以上(图版 III-6)。根据“砾石”内部与周围石英砂一样的特征判断,该团块并非砾石,而是大小不等的砂球,没有迹象显示其是经过短距离搬运后再次沉积于同样的砂层中。

从砂岩层面上看与史晓颖等(2008)报道的中

元古代石英砂岩中与微生物席有关的气隆构造或刘鹏举(2003)的潜穴化石相似,但他们所介绍的痕迹似乎是垂直于层面的圆柱形,而本文的构造是典型的砂球体。

现代海滩上经常可见小型螃蟹等钻孔过程中将海滩细砂弄成团状后搬出洞外,靠的是分泌的粘液将松散的砂子粘在一起形成球状,而这些球体可以被潮汐搬运一段距离后埋没在海滩砂中。黎城中元古代石英砂岩中的砂球体显然不是螃蟹等所为,估计应为蠕虫类原始后生动物分泌的粘液扩散后粘结细小的石英砂粒成团块所致,但这些砂球体显然要比现代海滩螃蟹所做的砂球强度高。只要这些砂球粒不遇到强大的风浪而是被潮流等弱的海岸水流搬运一段距离后埋藏在海滩砂中,就可形成含有同成分砂球体的砂岩层。因为没有查阅到中外报道的同样例子,该痕迹是否是动物痕迹还有待于进一步研究。

3 讨论

3.1 生物遗迹

后生动物蠕虫等的出现年代能否如此之早,一直是国际争论的焦点,比较确认的是埃迪卡拉动物群,时代仅 0.6 Ga 左右。我国的淮南动物群稍早。

一般认为,地球上的多细胞生命从寒武纪之初生命大爆炸才开始出现,然而近 10 年来的研究成果显示,早在中元古代就有明显的类似于蠕虫的动物存在了,但其主要证据恰恰又是痕迹化石。

痕迹化石学家 Seilacher 等(1998)报道了印度 1.0 Ga 以前的中元古代砂岩中的痕迹化石,认为是处于微生物席之下的蠕虫类动物掘洞形成的,并据此推断动物在发育出硬骨之前经历了漫长的演化阶段。但由于怀疑后生动物的时代,马上就有人怀疑痕迹化石是假像(Rai and Gautam, 1999)。

Rasmussen 等研究了西南澳大利亚 1.2~2.0 Ga 的潮坪砂岩中的痕迹化石,认为是蠕虫类等能产生粘液的动物所致(Rasmussen et al., 2002a)。印度中元古代砂岩中发现的痕迹化石先被看作后生动物,故人们怀疑岩石是否是前寒武纪的,但后来测年证实为 16 亿年(Rasmussen et al., 2002b)。

Bengtson 等在澳大利亚西南部 1.8~2.0 Ga 的滨海相砂岩底面发现突出的脊状痕迹,这些痕迹多相互平行,在一端合并而另一端分叉,被解释为沉积物携带的粘液线,而这些粘液是多细胞动物沿着泥质沉积物表面爬行时留下的。多细胞生命在元古

宙大部分时间内都没有完成多样化,其原因可能与全球海洋中氧化作用水平低相关(Bengtson et al., 2007)。

印度次大陆发现元古宙末期的低等动物和藻青菌组合,与地球上的冰期相吻合(Maithy and Kumar, 2007)。

此外,宋天锐等(1985)在昌平十三陵长城系常州沟组、袁鄂荣等(1993)在怀来长城系团山子组、刘鹏举(2003)在冀辽边界长城系常州沟组发现了潜穴遗迹,应当是后生动物的活动的遗迹。朱士兴等(1999)还报道在燕山常州沟组(约1800Ma)发现碳质压型化石及其多细胞组织。

然而,史晓颖等(2008)指出,上述文献中的中元古代层面遗迹可能不是后生动物造成的,而是微生物席构造,是微生物席干裂、脱水而形成的,由于微生物席的存在,使得砂岩表面有韧性,使得裂纹不仅仅是直线形,从而形成了各种弧形甚至环形。

从上述报道的研究实例中可以发现,在中国北方中元古代地层中存在大量痕迹化石,有的肯定是蠕虫类原始后生动物的活动痕迹,但看来有许多可能是与微生物席有关的构造。

笔者等在山西黎城地质公园黄崖洞景区所见的痕迹种类远多于已有报道,且可见各种形态的遗迹间是渐变过渡的,因此各种痕迹之间必然有某种成因联系,共同反映了当时的古地理和古气候特征,也反映了当时的生物演化特点。泥裂构造、鱼骨状交错层理、削顶波痕、浪成波痕等共同反映了当时潮间带的沉积环境,而相关微生物席构造也完全与潮间带的环境吻合(史晓颖等,2008)。可以明确肯定的几种痕迹化石也是在极浅水的环境下形成的。这些特征不仅反映了当时中国华北地区稳定的克拉通地块性质和中元古代海滨为主的沉积环境,更反映了后生动物和微生物席在中元古代的繁盛特点:以藻青菌为主的微生物席为大量的蠕虫动物提供了良好的食物,而蠕虫动物死亡后也反过来为藻青菌提供了营养物质。

3.2 冰晶痕

星形一线型表面痕迹可能是冰晶痕。有些表面痕迹呈较短粗的直线状,两端均具有较明显的变尖特征,有时3个线组成一个夹角近 120° 的星形,这与宋天锐等(1987)研究的冰晶痕特征相似。不利的证据是,形成这种三射星形的并不很多,有些还具有定向性,有些疑似冰晶痕在表面分布明显地不均匀。此外,如果真是冰晶痕,则必须沉积时的日温差

(或至少是年温差)很大,因为,岩石主体是紫红色调,还常有泥裂等构造,表明沉积环境总的来说应当是干旱炎热的。

3.3 过渡痕迹

可以看出,从疑似冰晶痕至典型的环形、8字型虫迹可能是渐变过渡的,再考虑它们产出于同样的环境,因而可以推论,这些痕迹可能是几种作用共同作用的结果,有些痕迹的形成过程中,其中的某一种或几种作用起的作用较大。但是,要让微生物与蠕虫共生容易,而要让他们合作,造就如此丰富多彩的画卷,似乎并不容易。

4 结论

(1) 山西省黎城县中元古代地层砂岩层面上分布着多种沉积构造。其中典型的泥裂构造和与微生物席干缩相关的类似泥裂构造都反映了潮间带的特征;典型的痕迹化石则代表了蠕虫等后生动物活动的痕迹,而砂岩层内的砂球粒也与蠕虫类分泌粘液有关。这些沉积构造组合反映了中元古代生物演化的基本特征:藻青菌类形成的微生物席和蠕虫类形成的后生动物组合。这两大类生物相互依存,虽然没有在中元古代完成物种的多样化,但却为元古宙末生命大爆炸奠定了坚实的基础。此外,太行山地区中元古代地层中的各种沉积构造(含痕迹化石)的相似性也为华北地区地层与环境对比、沉积盆地构造演化研究提供了重要的材料。

(2) 星形两端尖的痕迹可能是冰晶痕,但若是,则当时的日温差或年温差应当较大。

(3) 多种遗迹间具有过渡特点,则提醒我们对各种表面痕迹的成因需要统筹、系统研究。

黎城地质公园为我们提供了丰富的材料,希望有志者揭开这些谜团。

致谢:在野外考察期间,山西省黎城县政府、黄崖洞八路军兵工厂遗址公园等给予了大力的支持和帮助,特别是黎城县政协副主席、教育家、地理学家杨江贤先生多次与笔者等一起考察;中国科学院地理科学与资源研究所张青松研究员、李炳元研究员、徐继填研究员一起进行野外工作,并在成文过程中与笔者等作了许多有益的讨论;笔者等曾将本文的遗迹照片呈请中国地质科学院地质研究所乔秀夫研究员、宋天锐研究员,中国地质科学院地质力学研究所胡健民研究员,中国地质大学张建平教授等讨教,从中获得了许多有益的启示;最后,还得到本刊副主编,中国地质大学史晓颖教授的支持,获准在本刊发

表。作者在此一并表示真挚的感谢!

注 释 / Notes

- ① 山西省地质矿产局. 山西省左权幅、黎城幅地质图(1: 20 万).
- ② 山西省地质矿产局. 山西省地质图(1: 50 万).

参 考 文 献 / References

高建华,蔡克勤. 1993. 蓟县长城系中发现最古老的遗迹化石. 科学通报,38(20):1891~1895.

高亚峰, 焦慧元. 2007. 太行山崞石岩地貌与云台山地貌特征. 资源*旅游,2(4):44~48.

郭康,吴忱,许清海, 冯金良, 邸明慧, 杨逸畴, 尹泽生, 宋林华,王清廉,刘劲松, 田立夫. 1999. 崞石岩地貌及持续利用问题. 地理学与国土研究, 15(4): 32~35.

郭康,邸明慧,马辉涛. 1997. 主宰“崞石岩地貌”的两种坡面发育模式. 地理学与国土研究, 13(1): 61~64.

郭康、邸明慧、张聪,等. 2007. 崞石岩地貌. 北京:科学出版社,11~136.

郭康. 1992. 崞石岩地貌之发现及期旅游开发价值. 地理学报,47(5): 461~471.

胡健民,孟庆任. 1991. 豫西长城系遗迹化石及其意义. 地质论评,37(5):437~444.

华洪,邱村玉,肖丽君. 1993. 中元古代长城纪遗迹化石在宁夏贺兰山的发现. 西北大学学报(自然科学版),23(5):459~462.

刘鹏举. 2003. 燕山地区中元古代常州沟组潜穴化石. 地质论评,49(5):522~524.

齐永安. 2005. 河南鲁山汝阳群云梦山组遗迹化石. 河南理工大学学报(自然科学版),24(1):33~37.

乔秀夫,戴维声,王成述. 2001. 华北地区地质图. 见:马丽芳,等. 主编. 中国地质图集. 北京:地质出版社,85~88.

史晓颖,王新强,蒋干清,刘典波,高林志. 2008. 贺兰山地区中元古代微生物席成因构造——远古时期微生物群活动的沉积标识. 地质论评,54(5):1~12.

宋天锐,高健. 1985. 这些是中国发现的最古老的后生动物痕迹化石吗? 科学通报,(12):926~928.

宋天锐,高健. 1987. 北京十三陵前寒武系沉积岩. 北京:地质出版社,95~97.

宋天锐,赵霞,王长尧,杨慧宁,刘仲秋,须湘官. 1991. 华北元古宙沉积岩. 北京科技出版社,201.

吴忱,许清海, 阳小兰. 2002. 河北省崞石岩风景区的造景地貌及其演化. 地理研究,21(2):195~200.

吴忱、马永红、张秀清,等. 1999. 华北山地地面、地文期与地貌发育史. 石家庄:河北科学技术出版社,181~201.

吴忱. 2001. 论太行山地区旅游风景地貌资源. 地理学与国土研究, 17(4): 6~10.

杨式溥,周洪瑞. 1995. 豫西前寒武纪汝阳群遗迹化石. 地质论评,41(3):205~209.

袁鄂荣. 1993. 怀来县长城系团山子组内发现潜穴. 地球科学,18(5):597~601.

章雨旭. 2005. 地质学研究中常见逻辑方面的问题分析. 高校地质学报, 12(1): 147~152.

赵逊, 马寅生, 吴中海, 高林志, 赵汀, 赵希涛, 吴珍汉, 杨守政. 2005. 云台山主要景观地质研究——云台地貌成因. 北京:地质出版社,1~168.

朱士兴,朱更新. 1999. 燕山常州沟组(约1800Ma)碳质压型化石及其多细胞组织的发现. 科学通报,44(14):1552~1557.

Benton M J and Harper D A T. 1997. Basic Palaeontology. London: Addison Wesley Longman, 1~342.

Bengtson S, Rasmussen B, Krapez B. 2007. The Paleoproterozoic megascopic Stirling biota. Paleobiology; 33 (3):351~381.

Bromley R G. 1996. Trace Fossils: Biology, Taphonomy and Applications (Second Edition). Routledge: Chapman & Hall, 1~361.

Davis G H, Reynolds S J. 1996. Structural Geology of Rocks and Regionis (Second edition). New York:John Wiley & Sons, Inc. , 1~776.

Ekdale A A. 1980. Graphoglyptid burrows in modern deep-sea sediment. Science, 207: 304~306.

Jensen S. 2003. The Proterozoic and Earliest Cambrian Trace Fossil Record; Patterns, Problems and Perspectives. Integrative and Comparative Biology, 43(1):219~228; doi:10.1093/ich/43.1.219

Maithy P K, Kumar G. 2007. Biota in the terminal Proterozoic successions on the Indian subcontinent: a review. Geological Society, London, Special Publications, 286: 315~330.

Rai V, Gautam R. 1999. Evaluating Evidence of Ancient Animals. Science, 284 (5418): 1235.

Rasmussen B, Bengtson S, Fletcher I R, McNaughton N J. 2002a. Discoidal impressions and trace-like fossils more than 1200 million years old. Science, 296 (5570): 1112~1115.

Rasmussen B, Bose P K, Sarkar S, Banerjee S, Fletcher I R, McNaughton N J. 2002b. 1.6 Ga U-Pb zircon age for the Chorhat Sandstone, lower Vindhyan, India: Possible implications for early evolution of animals. Geology, 30 (2): 103~106.

Seilacher A, Bose P K, Pflüger F. 1998. Triploblastic animals more than 1 billion years ago: trace fossil evidence from India. Science, 282 (5386): 80~83.

Swinbanks D D. 1982. Paleodictyon: the traces of infaunal xenophophores? Science, 218: 47~49.

Miscellaneous Traces on the Bedding Planes of Mezoproterozoic Sandstones in Licheng, Shanxi: Characteristics and Origin Analysis

ZHENG Yuan¹⁾, LÜ Hongbo²⁾, ZHANG Yuxu¹⁾, WANG Min¹⁾, SUN Chuang³⁾

- 1) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;
- 2) China University of Petroleum, Qingdao, Shandong, 266555;
- 3) Chengdu University of Techology, Chengdu, 610059

Abstract: Apart from common ripple marks, mudcracks, there are miscellaneous traces on the bedding planes of the Mezoproterozoic sandstones in Licheng Geopark, Shanxi Province, such as “lithic earthworm”, arcuate

traces, starry traces, whose forming processes can hardly be understood on the basis of mechanics. Having a preliminary analysis, it is considered that the meander burrow or *Nereites*, crossed-S-liked traces, 8-liked traces should be trace fossils formed by worms or microbially induced sedimentary structures (MISS); the starry traces, whose single trace is short line, commonly thins out on the two ends, and 3 single short lines composed a trilete, should be similar to reported ice-wedge traces. It is more valuable that gradually transitional characteristics can be found between these traces, which prompt that we should comprehensively and systematically study the origin of these traces.

Key words: trace fossils; microbially induced sedimentary structures (MISS); worms; ice-wedge traces; Mesoproterozoic; Geopark; Huangyadong, Licheng, Shanxi;

图 版 说 明 / Explain of Plates

除注明者外,均为山西黎城地质公园黄崖洞景区黄崖洞保卫战烈士纪念碑至水窑兵工厂路面的铺路石。

图 版 I / Plate I

- 1. 下层面上的“石蚯蚓”。镇倭塔至烈士纪念碑入口处右侧。镜头向上。
- 2. “石蚯蚓”,可以看出,只分布在表面,不是泥裂构造。
- 3. 表面的弧形痕迹,简单的沉积作用或力学作用难以形成。疑为蠕虫类爬迹。
- 4. 表面的弧形痕迹,且在层面的分布明显不均匀,有些呈闭合的圆形,而不是泥裂的多边形。
- 5. 同 3 和 4。
- 6. 底面印模。与典型泥裂的印模稍有差别,见不到尖棱,而与“石蚯蚓”有相似之处。
- 7. “天上人家”景区的弧形迹,侧面可见横纹。痕迹点位 GPS 值: N36°47.324'; E113°22.984'。
- 8. 上图之局部放大。侧面横纹疑为造迹动物蠕动前行时留下。

图 版 II / Plate II

- 1. 四射星形,且顶端变尖,疑为冰晶痕,即在层面上的水结冰造成的印痕。若是,则可能说明当时的日温差较大,因为紫红色的岩石

- 成分应当表明气温较高。
- 2. 冰晶痕? 但有些痕迹呈弧形,且不相互穿切。
 - 3. 冰晶痕的印模? 可能是底层面,两头尖。
 - 4. 冰晶痕? 具两头尖的形态。但其定向性和不具四射星形,难以解释。
 - 5. 同 4。
 - 6. 与前述冰晶痕相似,但深大圆滑了点。
 - 7. 奇怪的痕迹分布,有直线的有稍弯曲的,是介于线型痕迹与弧形迹间的过渡类型。特别注意:各单迹是互不穿切的。
 - 8. 与 7 类似,但弧形迹增多。

图 版 III / Plate III

- 1. 与图版 II -7、II -8 类似。
- 2. 弧形迹,表面分布较均匀,与图版 II -7、II -8, III -1 过渡。类似于史晓颖等(2008)微生物席构造中的曲形脱水迹。
- 3. 同上。
- 4. 同上,但痕迹分布明显不均匀,且具有弧形特征。
- 5. 同上,但与泥裂已经很相似。
- 6. 石英砂岩表面的球状突起,善陀景区。史晓颖等(2008)微生物席构造中的气隆构造。刘鹏举(2003)则论证其为潜穴化石。
- 7. 盛产表面痕迹的岩层,位于自黄崖洞保卫战烈士纪念碑至兵工厂的路边。串岭沟组,砂岩夹页岩。
- 8. 典型的泥裂。“天上人家”大门外的砌墙石。

《地质论评》和《地质学报》(中、英文版)被评为 2008 年度中国精品科技期刊

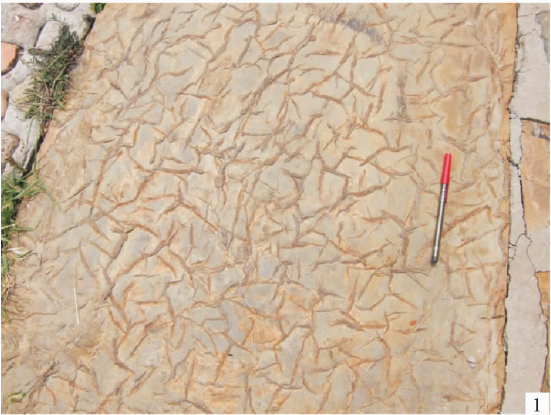
据中国科学技术信息研究所 2008 年 12 月 9 日发布,经过中国科学技术信息研究所组织的中国精品科技期刊遴选指标体系综合评价,《地质论评》和《地质学报》(中文版)等被评为 2008 年度中国精品科技期刊,《地质学报》(英文版)等被评为 2008 年度中国国际化精品科技期刊。

评出的 2008 年度中国精品科技期刊共 300 种,中国国际化精品科技期刊 23 种,它们是从 2007 年度中国科技期刊统计源期刊共 1765 种中评出的。与地质学有关的“中国国际化精品科技期刊”尚有:《科学通报》、《中国科学(D)》和《自然科学进展》三刊的英文版。

郑元等:山西黎城中元古代砂岩层面多种痕迹特征及成因初析

图版 I





郑元等:山西黎城中元古代砂岩层面多种痕迹特征及成因初析

图版 III



