

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2024.01.003

## 北非摩洛哥小阿特拉斯东段晚泥盆世法门期叠层石的发现

曾雄伟, 何焱砚, 王成刚, 吴发富, 危 凯, 王志宏

ZENG Xiong-Wei, HE Yao-Yan, WANG Cheng-Gang, WU Fa-Fu, WEI Kai, WANG Zhi-Hong

1. 古生物与地质环境演化湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430205;

2. 中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心), 湖北 武汉 430205

1. Hubei Key Laboratory of Paleontology and Geological Environment Evolution, Wuhan 430205, Hubei, China;

2. Wuhan Center, China Geological Survey (Geosciences Innovation Center of Central South China), Wuhan 430205, Hubei, China

**摘要:** 北非摩洛哥小阿特拉斯东段 Focht 地区的晚泥盆世地层划分为 ds3 和 dh 两个单元。ds3 单元是一套厚约 1.3m 的灰色夹紫红色厚-薄层瘤状生屑灰岩, 发育叠层石, 产丰富的海百合茎和头足类, 局部伴生腕足和三叶虫。dh 单元下部为灰色薄层泥质粉砂岩与粉砂质页岩互层, 夹泥灰岩透镜体; 上部为灰绿色中层细砂岩, 发育波痕构造, 产遗迹化石和双壳类。牙形石生物地层表明这两个单元都处于法门期早 *Palmatolepis marginifera* 带。本文首次报道了摩洛哥晚泥盆世法门期的叠层石, 说明弗拉期-法门期生物灭绝事件发生后, 微生物首先出现繁盛, 随后才开始骨骼生物的复苏。

**关键词:** 叠层石; 牙形石; 法门期; 晚泥盆世; 小阿特拉斯东段; 北非摩洛哥

中图分类号: P52

文献标识码: A

文章编号: 2097-0013(2024)01-0056-07

**Zeng X W, He Y Y, Wang C G, Wu F F, Wei K and Wang Z H. 2024. Discovery of the Late Devonian Famennian stromatolites in the eastern Anti-Atlas, Morocco, North Africa. *South China Geology*, 40(1):56–62.**

**Abstract:** The Late Devonian strata at Focht area in the eastern Anti-Atlas, Morocco, North Africa, could be divided into two units: ds3 and dh. The ds3 unit is a set of gray with purple-red thick to thin layered nodular detrital limestone with a thickness of about 1.3m, where stromatolites are observed, rich in crinoid stems and cephalopods, and locally associated with brachiopods and trilobites. The lower part of the dh unit is an interbedded layer of gray thin layer of argillaceous siltstone and silty shale, mixed with muddy limestone lenses; the upper part is a gray-green medium layer of fine sandstone, with ripple structures and abundant trace fossils and bivalves. The conodont biostratigraphy indicates that both units should be located in the Early *Palmatolepis marginifera* zone of the Famennian. This article reports on the stromatolites of the Late Devonian Famennian in Morocco for the first time, indicating that after the Frasnian-Famennian mass extinction, microorganisms flourished first and then followed by the recovery of skeletal organisms.

**Key words:** stromatolite; conodont; Famennian; Late Devonian; eastern Anti-Atlas; Morocco, North Africa

收稿日期: 2023-8-30; 修回日期: 2023-9-30

基金项目: 商务部对外援助项目([2021]28)

第一作者: 曾雄伟(1982—), 男, 高级工程师, 主要从事地层与古生物学研究, E-mail: zxwyuehen@163.com

晚泥盆世弗拉期-法门期之交发生的生物灭绝事件是显生宙地球生态系统遭受重创的五大灭绝事件之一,这次事件导致泥盆纪海洋生物多样性显著降低和显生宙最大规模的后生动物礁的消亡(郅文昆等,2019)。微生物类和藻类作为这一时期碳酸盐沉积的主要贡献者已在世界泥盆系的主要发育区得到了证实,如中国华南、加拿大、澳大利亚(沈建伟和毛家仁,2005)以及捷克和比利时(Weiner et al.,2018)。然而,非洲地区晚泥盆世的微生物岩尚未见有学者报道。笔者于2022年在北非摩洛哥从事1:10万区域地质调查填图中,首次在该区发现了晚泥盆世法门的叠层石,扩大了该时期微生物

岩的分布范围。

## 1 地质背景

摩洛哥的地质演化主线是伴随着西非克拉通的不断增生而进行的,境内的造山带或褶皱带,如泛非造山带、华力西造山带和阿尔卑斯褶皱带,均是围绕着西非克拉通周缘分布。通常,摩洛哥被划分为5个主要构造单元,由北向南依次是里夫、梅赛塔(分隔为东西两部分)、阿特拉斯(大阿特拉斯和中阿特拉斯)、小阿特拉斯和廷杜夫盆地(图1)。



图1 摩洛哥构造单元划分及研究剖面位置图(据Wendt,2021修改)

Fig. 1 The division of tectonic units of Morocco and the location map of the study area (Modified from Wendt,2021)

根据中泥盆世和晚泥盆世强烈对比的沉积模式和沉降速率,小阿特拉斯东部地区自西向东可划分为马德尔台地,马德尔盆地,塔菲拉特台地,塔菲拉特盆地。马德尔台地可能在泥盆纪大部分被淹没,但是晚弗拉期/早法门期沉积只在其东北边缘被保存下来。

Wendt和Belka(1991)对整个摩洛哥小阿特拉斯东部大约25000 km<sup>2</sup>的150个剖面的泥盆纪露头进行了详细研究,表明摩洛哥上Kellwasser黑色页

岩/碳酸盐岩沉积层的开始和结束都具有明显的穿时性。与此相反,上覆瘤状灰岩(时代为早marginifera牙形刺带)的出现则代表了当时全球海侵导致的同步沉积事件。

## 2 剖面介绍

本文研究的Fecht剖面构造位置属于小阿特拉斯东部的马德尔台地,地理坐标为5°9' 17.8" W,30°



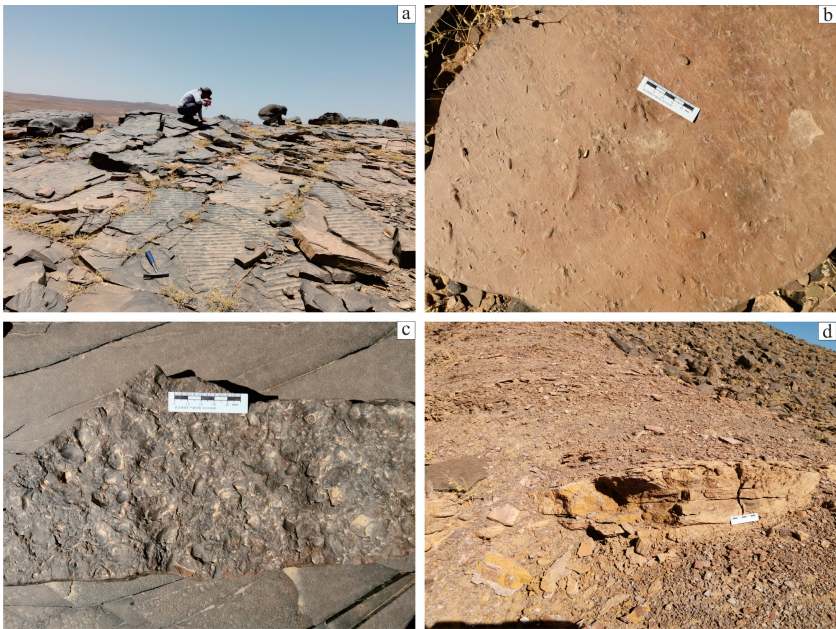


图3 dh单元典型野外照片

Fig. 3 Typical field photos from the dh unit

a. 波痕构造;b. 细小的遗迹化石;c. 局部密集的双壳类化石;d. 粉砂质页岩中的泥灰岩透镜体

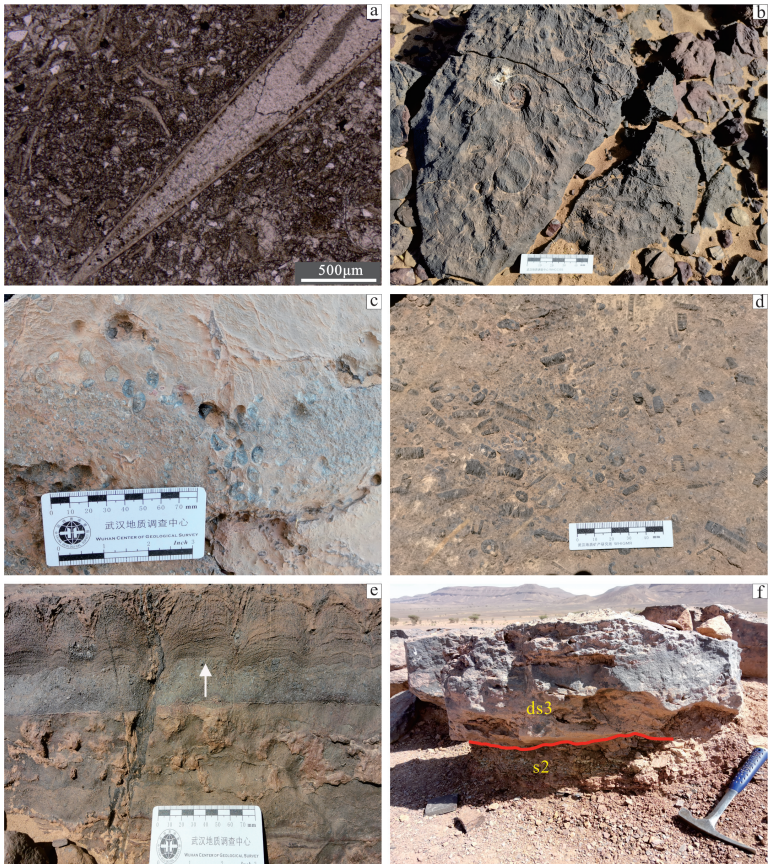


图4 ds3单元典型岩石薄片及露头照片

Fig. 4 The photographs of the typical rock outcrops and thin section from the ds3 unit

a. 薄层灰岩中的陆源粉砂(白色颗粒,薄片);b. 丰富的头足类;c. 局部富集的腕足类;d. 岩石层面上的海百合茎;  
e. 厚层灰岩顶部的叠层石(箭头处);f. ds3单元与下伏s2单元呈平行不整合接触

44' 39.2" N。剖面自下而上划分为 ds3 和 dh 两个单元(图2)。

本次研究共采集牙形石样品 9 件(采样位置见图2),委托中国地质大学(武汉)江海水教授处理

和鉴定,其中 3 件样品获得牙形石共计 18 枚(图5)。从牙形石产出的面貌来看,Fecht 剖面总体上应处于晚泥盆世法门期早 *Palmatolepis marginifera* 带内,与 [Wendt and Belka \(1991\)](#) 的结论一致。

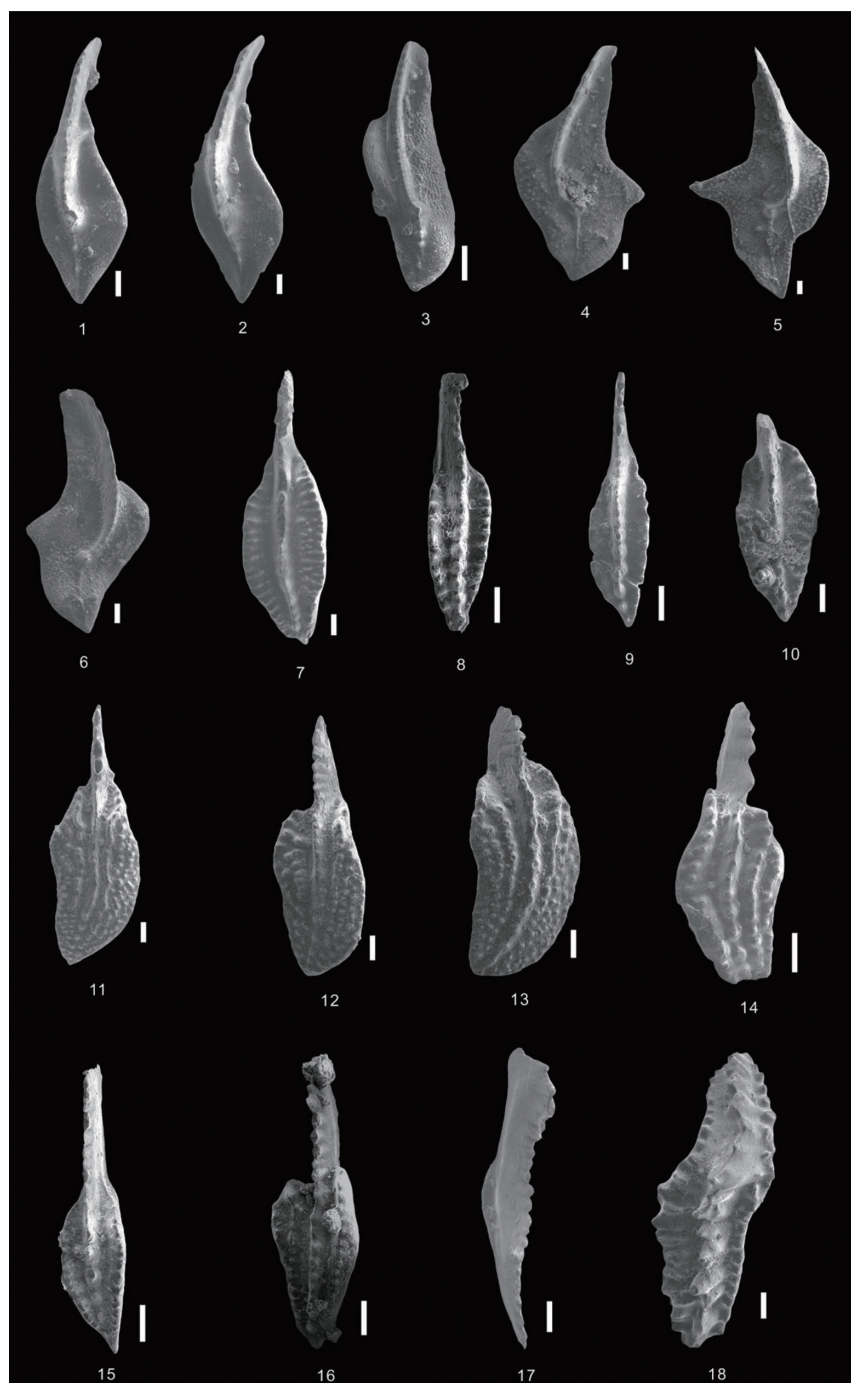


图5 牙形石照片(线段比例尺为 100  $\mu\text{m}$ )

Fig. 5 Photographs of conodonts from the ds3 and dh units (Line scale is 100  $\mu\text{m}$ )

1-2. *Palmatolepis minuta minuta*; 3. *Palmatolepis klapperi*; 4. *Palmatolepis quadrantinodosalobata*; 5-6. *Palmatolepis subperlobata*;  
7-10. *Polygnathus decoratus*; 11-13. *Polygnathus subirregularis*; 14. *Polygnathus hassi*; 15-16. *Polygnathus* sp.;  
17. *Bispathodus aculeatus anteposicornis*; 18. *Bryantodus macrodentatus* ?

### 3 讨论

微生物岩是由底栖(原核或真核)菌类群落捕获和粘结碎屑颗粒或由其生物化学过程引发的碳酸盐沉积物(Burne and Moore, 1987),可划分为叠

层石、凝块石、树形石和均一石4种类型(Riding, 2000)。叠层石因具有突出于地层的正向生长构造而有别于其他沉积构造。摩洛哥小阿特拉斯东段除了Fecht剖面发育有5-6 cm厚的波状叠层石(图4e)外,笔者在距Fecht北西方向约12 km的Tizoulla地区相同层位还发现了高约50 cm的球状叠层石(图6)。

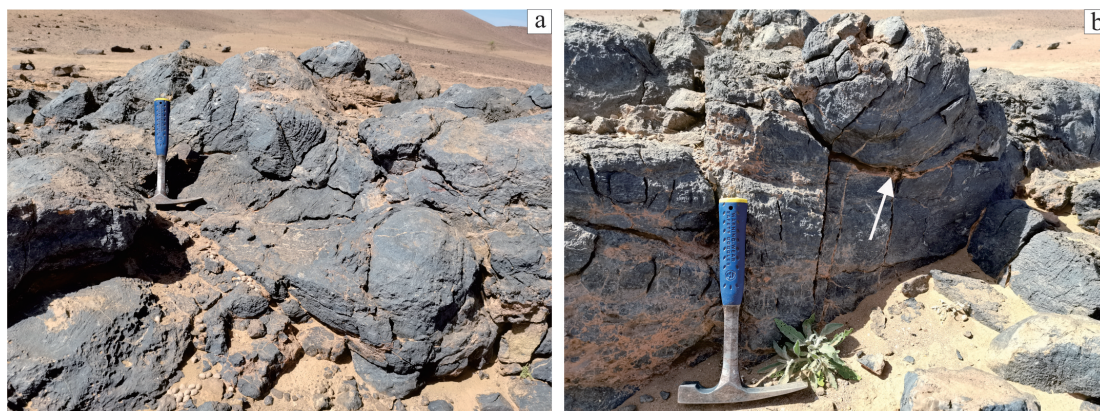


图6 Tizoulla地区的球状叠层石野外照片

Fig. 6 Field photos of the spherical stromatolites

a. 球状叠层石宏观外貌; b. 叠层石局部放大(箭头处)

已有研究表明,微生物岩在奥陶纪/志留纪、晚泥盆世和泥盆/石炭纪及二叠/三叠纪生物灭绝事件之后都达到了极大繁盛。中国广西晚泥盆世弗拉期-法门期的生物灭绝与微生物大量繁盛相耦合(龚一鸣等, 2005);煤山二叠纪/三叠纪界线附近的微生物阶段性变化与无脊椎动物灭绝相耦合(Wang Y B et al., 2005)。这种耦合关系可能反映了微生物对灾变事件的响应(Xie S C et al., 2005; 黄长生等, 2022)。目前普遍认为微生物沉积受到后生动物对空间的掠夺、竞争以及底部环境改变的影响(Riding, 2000)。

Schubert and Bottjer (1992)提出了“灾后泛滥种”假说,认为微生物是灭绝事件后唯一留下来的造礁种群。但这种假说被认为不适用于晚泥盆世至密西西比纪,首要依据是微生物在骨骼造礁生物灭绝前就是重要的造礁生物(王月等, 2011)。不管怎样,晚泥盆世法门期骨骼后生动物贫乏,而微生物出现繁盛,这一事实是不容置疑的。尽管法门期早、中期仍有不少后生动物孑遗,如华南有珊瑚和腕足类,摩洛哥叠层石层位之下有海百合,但当时地球

上的生物非常稀少而且十分单调,该阶段仅是生物的残存期(廖卫华, 2001)。目前前人已在华南报道了大量的微生物礁和丘,它们都发育于法门期早期,对应牙形石 *Palmatolepis triangularis* 带和 *Pa. crepida* 带。而摩洛哥的微生物礁(叠层石)产于法门期中期的早 *Pa. marginifera* 带,比华南晚了整整一个牙形石带(*Pa. rhomboidea* 带),这归因于摩洛哥的生物事件持续时间长,跨越了弗拉斯期晚期-法门期早期。亚洲(中国华南)、北美洲(加拿大)、大洋洲(澳大利亚)、欧洲(捷克和比利时)以及非洲(摩洛哥)微生物岩的相继发现,表明弗拉期-法门期生物灭绝事件后,由于食微生物的后生动物灭绝,微生物群落率先繁盛,它们作为先驱者对地球环境进行了不可估量的改善,随后才开始骨骼生物的复苏。

### 4 结论

摩洛哥小阿特拉斯东段 ds3 单元中瘤状生屑灰岩和 dh 单元中碎屑岩的地层时代均为晚泥盆世法门期牙形石早 *Palmatolepis marginifera* 带。ds3 单

元中发育叠层石,可以与中国华南、加拿大、澳大利亚、捷克和比利时等地的微生物岩进行对比。晚泥盆世弗拉期-法门期生物事件造成后生动物衰退和消失后,受生物事件影响不大的微生物群落在空置的生态空间内迅速繁盛。因此,摩洛哥晚泥盆世的叠层石可用作环境变化和生物事件的指示。

## 参考文献

- 龚一鸣,徐冉,汤中道,司远兰,李保华.2005.晚泥盆世 F-F 之交菌藻微生物繁荣与集群绝灭的关系:来自碳同位素和分子化石的启示[J].中国科学(D辑:地球科学),35(2):140-148.
- 黄长生,姚华舟,李璇,谢树成.2022.从地球生物学视角创新地质调查工作[J].华南地质,38(2):189-194.
- 廖卫华.2001.中国晚泥盆世 F/F 生物集群灭绝事件及其后的生物复苏的研究[J].中国科学(D辑:地球科学),31(8):663-667.
- 郅文昆,马学平,徐洪河,乔丽,梁昆,郭文,宋俊俊,陈波,卢建峰.2019.中国泥盆纪综合地层和时间框架[J].中国科学:地球科学,49(1):115-138.
- 沈建伟,毛家仁.2005.桂林中、晚泥盆世微生物碳酸盐沉积、礁和丘及层序地层、古环境和古气候的意义[J].中国科学(D辑:地球科学),35(7):627-637.
- 王月,沈建伟,杨红强,王旭,刘苗苗.2011.微生物碳酸盐沉积及其研究意义[J].地球科学进展,26(10):1038-1049.
- Burne R V, Moore L S. 1987. Microbialites: Organosedimentary deposits of benthic microbial communities[J]. *Palaos*, 2(3): 241-254.
- Riding R. 2000. Microbial carbonate: The geological record of calcified bacterial - algal mats and biofilms[J]. *Sedimentology*, 47: 179-214.
- Schubert J K, Bottjer D J. 1992. Early Triassic stromatolites as post-mass extinction disaster forms[J]. *Geology*, 20(10): 883-886.
- Wang Y B, Tong J N, Wang J S, Zhou X G. 2005. Calcimicrobialite after end-Permian mass extinction in South China and its palaeoenvironmental significance[J]. *Chinese Science Bulletin*, 50(7): 665-671.
- Weiner T, Weinerová H, Kalvoda J. 2018. Microproblematica, calcareous algae, and microbialites at the Frasnian-Famennian boundary interval in the Šumbera section (Moravian Karst, Czech Republic) and their significance in the context of the Kellwasser Crisis[J]. *Facies*, 64(4): 26.
- Wendt J. 2021. Middle and Late Devonian paleogeography of eastern Anti-Atlas (Morocco) [J]. *International Journal of Earth Sciences*, 110(5): 1531-1544.
- Wendt J, Belka Z. 1991. Age and depositional environment of upper Devonian (early Frasnian to early Famennian) black shales and limestones (Kellwasser facies) in the eastern Anti-Atlas, Morocco[J]. *Facies*, 25(1): 51-89.
- Xie S C, Pancost R D, Yin H F, Wang H M, Evershed R P. 2005. Two episodes of microbial change coupled with Permo/Triassic faunal mass extinction[J]. *Nature*, 434: 494-497.