

四川峨眉下三叠统鱼类游泳遗迹(*Undichna*)的首次记录

陆廷清, 王占磊, 杨西燕, 张晓莉

西南石油大学资源与环境学院, 成都 610500

E-mail: lutingqing@swpu.edu.cn

2011-10-08 收稿, 2012-01-07 接受

四川省重点学科建设项目(SZD414)和四川省教育改革项目(P09162)资助

摘要 记述了四川峨眉龙门碛剖面下三叠统嘉陵江组中鱼类游泳遗迹: *Undichna unisulca*(单槽波形迹), 它由一条规则的波浪形正弦曲线组成, 波长为 28~32 mm, 波幅为 9~12 mm, 波长、波幅较稳定, 是一出露于下层面的下浮痕, 并分布于同一层面. 此遗迹种首次记录在三叠系地层中, 目前是我国时代最早的脊椎动物遗迹化石记录之一.

关键词

鱼类游泳遗迹
Undichna unisulca
下三叠统
嘉陵江组
四川峨眉

众所周知, 游泳鱼类生活在一定深度的水体中, 由于水的浮力和鱼的游动, 鱼类不易与基底接触, 很难留下游泳遗迹. 但从南非早二叠世地层中正式报道波形迹(*Undichna*)以来^[1], 世界多个国家发现鱼类游泳遗迹, 自泥盆系到第四系都有分布, 并且种类很多, 一些研究者对其种类形态特征、种的建立、地层分布、地理分布、环境分析和遗迹鱼类分析进行总结^[2-4]. 在三叠系也不例外, 如阿根廷上三叠统湖泊环境^[5]、美国犹他州下三叠统海陆过渡环境^[6]、意大利中三叠统海陆过渡环境^[7]和德国中三叠统海相碳酸盐潮坪环境^[8], 以及我国陕西上三叠统湖泊环境^[9,10]、贵州下三叠统浅海碳酸盐缓坡环境^[11]都有分布.

2011年夏在四川峨眉下三叠统嘉陵江组第一段地层中发现鱼类游泳遗迹: *Undichna unisulca*(单槽波形迹), 这是此遗迹种在世界三叠系地层中首次报道, 也是我国目前发现时代最早的脊椎动物遗迹化石之一.

1 地质背景

鱼类游泳遗迹化石出露于四川峨眉山市龙门碛剖面(图1), GPS坐标为 29°33'47"N, 103°22'59"E, 该剖面距峨眉山市区约 7.5 km. 龙门碛剖面长约 1.5 km,

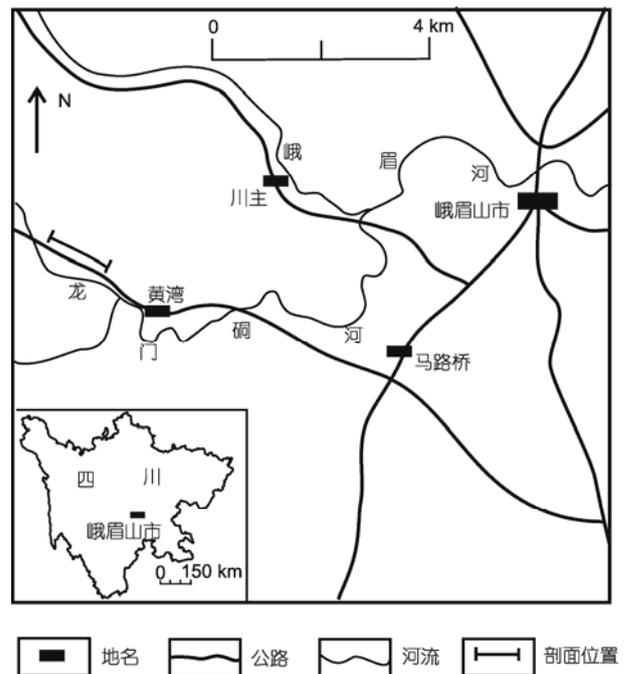


图1 四川峨眉龙门碛剖面位置图

位于北东倾伏的峨眉山背斜的一次级背斜——牛背山背斜北东翼, 地层沿龙门碛河东岸连续出露, 近于直立或略为倒转, 层序完整、沉积相标志丰富, 是

研究沉积相的理想剖面之一. 1984 年四川省政府将此剖面列为地质剖面保护点.

龙门硐剖面出露的三叠系地层有: 下三叠统飞仙关组、嘉陵江组, 中三叠统雷口坡组, 上三叠统垮洪洞组、小塘子组和须家河组, 其中下三叠、中三叠统是此剖面的重要地层. 嘉陵江组厚 244 m, 位于龙门硐剖面中部, 主要由海相碳酸盐岩、陆源碎屑岩和硬石膏岩组成, 分为 4 个岩性段. 第一段: 灰绿色、灰紫色中薄层细粒岩屑砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩与灰色砂屑、生屑、鲕粒灰岩互层, 厚 90 m; 第二段, 紫红色、灰色白云岩、灰质白云岩、泥岩夹紫红色细-中粒岩屑砂岩和含砾砂岩, 厚 41 m; 第三段, 浅灰色不等厚含白云质、泥质灰岩, 厚 56 m; 第四段, 灰色至黄褐色白云岩夹膏溶角砾岩, 厚 55 m.

鱼类游泳遗迹化石产于嘉陵江组第一段地层中, 该段发育良好的沉积构造、遗迹化石, 以及少量的有孔虫、双壳类和腕足类化石^[12-14]. 第一、二段是属于河口湾沉积^[14,15].

2 鱼类游泳遗迹化石系统描述

波形迹属 *Ichnogenus Undichna* Anderson, 1976
模式种 *Undichna simplicitas* Anderson, 1976

特征: 由一条或多条具有一定波长和运动方向的水平波形线组成. 波形线可成对且平行, 或不成对, 不成对者可相互交切或分离. 波形线可是连续的, 以沟或脊保存, 或叠加在直的、连续的槽或脊之上, 一对直的、平行的沟或脊也可与波形线伴生^[3].

产地和时代: 南非、英格兰、苏格兰、威尔士、捷克、挪威、德国、西班牙、奥地利、意大利、加拿大、美国、阿根廷、巴西、秘鲁、澳大利亚、中国, 泥盆纪-更新世.

单槽波形迹: *Undichna unisulca* Gibert et al. 1999

材料: 保存于下层面的 3 个化石(因是地质保护剖面, 不能采集化石)(图 2), 野外照片编号 100-6285 和 100-6286. 2 个保存完好, 是下层面的下浮痕, 原地.

特征: 由一条波形线组成. 呈对称正弦曲线形态, 为一下浮痕.

描述: 单槽波形迹呈正弦曲线状, 1 号曲线规则对称, 长 87 mm, 2 号曲线略为不对称, 长 62 mm, 另一曲线(3号)约为半个正弦曲线(图2(a)和(b)). 两端与层面自然尖灭终止. 波幅(A)为 9~12 mm, 波长(λ)为

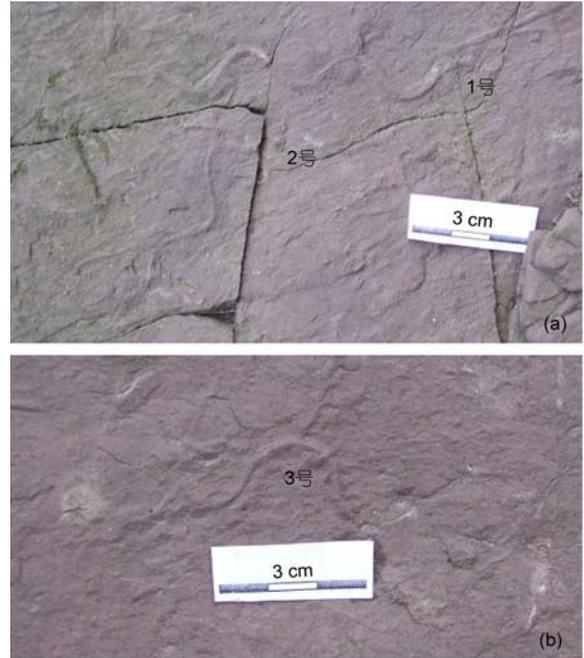


图 2 *Undichna unisulca* 野外照片

(a) 1 号和 2 号 2 个化石, 照片编号 100-6285; (b) 1 个化石, 照片编号 100-6286. 化石都保存于下层面

28~32 mm, 波幅与波长的比率为(A/ λ)为 0.32 左右. 波长和波幅在标本中是相当稳定的(图2(a)). 以下浮脊保存, 1 号曲线脊宽 2 mm, 2 号曲线脊宽略小, 为 1.5 mm, 两曲线脊宽度较为稳定, 两侧略为对称, 高约为 1 mm. 脊的两侧无相伴生的沟、脊.

比较: 形态特征与 Gibert 等人^[16]建立该种的模式标本特征一致, 但不具有尖棱凹槽所对应的尖棱脊, 棱脊较窄, 且中央无一浅细槽(文中图4c^[16]、文中图4C^[17]); 波长、波幅都比 Gibert 等人^[16]、Morrissey 等人^[17]和 Soler-Gijón 等人^[18]所描述的标本要稳定, 波形线的对称性也比他们描述的标本要好, 波形线规模较小, 长度较短. 波幅与波长的比率比 Gibert 等人^[16]和 Morrissey 等人^[17]所描述的标本大约 1 倍.

讨论: 峨眉龙门硐剖面嘉陵江组第一段中的 *Undichna unisulca* Gibert et al. 1999 不是 *Undichna* 属下其他遗迹种的足下迹(undertrails), 因为此段岩层中没有找到该属的其他种类, 象具有多条正弦曲线的 *Undichna britannica* 等^[3]. 在意大利^[7]、美国^[6]、阿根廷^[5]、德国^[8]和中国陕西^[9,10]、贵州^[11]三叠系地层发现 *Undichna* 的多个种或未定种, 而这是首次在三叠系地层发现的 *Undichna unisulca*. 它虽与呈正弦曲线形的水平潜穴 *Cochlichnus*(螺丝迹)很相似, 它们出

现的环境相似,是一种广相遗迹化石,但螺丝迹正弦曲线更尖棱^[17],遗迹充填同母岩颜色常不同^[19].在峨眉嘉陵江组同一层位中也发现有 *Cochlichnus anguineus*(蛇形螺丝迹)(文中图 4-E)^[14],明显是一潜穴.

产地和层位:四川峨眉山市龙门碛,下三叠统嘉陵江组第一段.

3 形成环境和造迹鱼类分析

Undichna 出现的环境多为陆相地层中^[16],尤其在湖泊沉积中^[4],近年来在海相地层也有越来越多的发现^[5,7,8,18].而峨眉嘉陵江组第一段为河口湾沉积环境^[14,15],并属中等潮差的河口湾环境^[15],不同于发育 *Undichna* 的西德国盆地中三叠统碳酸盐岩潮坪环境^[8].Gibert 等人^[16]早在 1999 年提出利于 *Undichna* 保存的条件是:内生潜穴生物缺失或很稀少;沉积物颗粒很细小、具有塑性和半固结的基底;靠近基底水动力较低,且无侵蚀的快速埋藏.因此利于保存的环境是湖泊、冲积平原上的沼泽(alluvial swamp)、河口的内缘地区(inner region).后于 2001 年 Gibert^[20]又作了修改补充为可发育浅梯序的内生潜穴和表生遗迹,在中新生代有 *Undichna* 指示沉积界面附近缺氧的环境.而嘉陵江组第一段发育多种遗迹化石^[12,14],其中多为内生潜穴,表生、近表生潜穴也很发育,不发育其他脊椎动物活动遗迹;同时还发育丰富的沉积构造:透镜状、脉状、波状等潮汐层理,水平、平行层理,冲刷充填构造,波痕、干裂,重荷模、变形层理等.产 *Undichna unisulca* 是薄层状暗紫红色含钙泥质粉砂岩,局部含粉、细砂条带,沉积物颗粒细,地形平坦.可能在形成波形迹时沉积物处于半固结状态,水体浅.

峨眉嘉陵江组第一段中所产的 *Undichna unisulca* 对称性好,波长、波幅稳定,所发现的 3 个化石波形线不平行、也不叠加,这说明水体较浅、较静.若波形线不对称,是由水流方向与造迹鱼类游动方向

不一致造成的;若同一遗迹波长增大、波幅变小,可能由于造迹鱼类游动方向与水流方向一致,反之则是逆水流而动^[2],或者是造迹鱼类加速或减速游动^[18].因此推测峨眉嘉陵江组第一段中的 *Undichna unisulca* 是造迹鱼类在河口区退潮时,在比较低洼区域、水动力较弱的、水浅的情况下匀速游动留下的.

根据遗迹化石波形线波幅为 10 mm 左右,波形线是尾鳍形成的话,鱼长为 4 倍波幅^[21],那鱼的长度为 40 mm.鱼类游泳遗迹化石的造迹鱼类恢复根据所在地层鱼类种类情况来进行^[16,18,21,22].Gibert 等人^[16]建立 *Undichna unisulca* 的造迹鱼类是体形呈圆盘状的 *Macromesodon aff. bernissartensis*,是它的臀鳍留下的,*Undichna unisulca* 也就是身体运动的轨迹,不是尾鳍摆动留下的.四川盆地以及上扬子地区下三叠统很少发现鱼类化石,造迹鱼类恢复是困难的;不过在中、下扬子地区有较丰富的鱼类化石^[22-26],尤其在江苏句容^[27,28],且多是为分布广泛的裂齿鱼类(*Perleidus*),它有较大的臀鳍和尾鳍^[27,28],*Undichna unisulca* 可能是裂齿鱼类尾鳍下叶与底层接触形成的.

我国中生代地层中有丰富的脊椎动物遗迹化石,目前报道的多为从晚三叠世地层中的恐龙足迹和鱼类游泳遗迹的出现开始^[9,29].四川峨眉下三叠统嘉陵江组的 *Undichna unisulca* 与最近报道的同时代的贵州贵阳花溪大冶组第二段 *Undichna isp.*^[11]和安徽巢湖南陵湖组似 *Undichna*^[30],它们目前是发现的我国时代最早的脊椎动物遗迹化石.

4 结论

Undichna unisulca (单槽波形迹)目前是我国发现时代最早的脊椎动物遗迹化石之一,此遗迹种也是全球在三叠系地层的首次报道,造迹鱼类可能是裂齿鱼类;它的形成环境、保存条件较独特,属于中等潮差河口湾的混积潮坪环境.

致谢 西南石油大学图书馆刘廷元研究员和中国科学院青藏高原研究所许强博士为本文撰写提供了部分外文文献,在此表示衷心感谢.

参考文献

- Anderson A. Fish trails from the Early Permian of South Africa. *Palaeontology*, 1976, 19: 397-409
- Trewin N H. The ichnogenus *Undichna*, with examples from the Permian of the Falkland Islands. *Palaeontology*, 2000, 43: 979-997

- 3 Minter N J, Braddy S J. The fish and amphibian swimming traces *Undichna* and *Lunichnium*, with examples from the Lower Permian of New Mexico, USA. *Palaeontology*, 2006, 49: 1123–1142
- 4 Seilacher A. *Trace Fossils Analysis*. Heidelberg: Springer-Verlag. 2007. 226
- 5 Melchor R N, Cardonatto M C. Pistas de peces (*Undichna*): Rango estratigráfico, paleoambientes y mecanismos de propulsión del productor. Tercera Reunión Argentina de Ichnología, Primera Reunión de Ichnología del Merosur. 1998. 20–21
- 6 Mickelson D L, Huntoon J E, Kvale E P. The diversity and stratigraphic distribution of Pre-dinosaurian communities from the Triassic Moenkopi Formation, Capitol Reef National Park and Glen Canyon National Recreation Area, Utah. *Geol Soc Am Abstr Progr*, 2005, 37: 40
- 7 Todesco R, Avanzini M. First record of the fish trace fossil *Undichna* from the Middle Triassic of Italy. *Studi Trent Sci Nat, Acta Geol*, 2008, 83: 253–257
- 8 Diedrich C. Vertebrate track bed stratigraphy at new megatrack sites in the Upper Wellenkalk Member and *orbicularis* Member (Muschelkalk, Middle Triassic) in carbonate tidal flat environments of the western Germanic Basin. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 2002, 183: 185–208
- 9 卢宗盛, 陈斌. 陕西横山晚三叠世鱼类游泳痕迹(*Undichna*)的发现. *古生物学报*, 1998, 37: 76–85
- 10 卢宗盛, 郝朝坤, 陈斌, 等. 陕西横山晚三叠世鱼类游泳遗迹化石新材料. *古生物学报*, 2003, 42: 266–276
- 11 罗茂, 时国, 龚一鸣. 贵阳花溪早三叠世遗迹化石及其对二叠纪末生物大灭绝事件后生物复苏的启示. *古地理学报*, 2007, 9: 519–532
- 12 林文球, 王洪峰, 宋华彬. 四川峨眉山龙门洞晚二叠世-早中三叠世地层及其沉积环境. *矿物岩石*, 1982, 3: 50–55
- 13 王正瑛, 邓江红. 四川峨眉山龙门洞下三叠统嘉陵江组沉积相. *矿物岩石*, 1982, 3: 83–93
- 14 张国成, 王昆. 四川峨眉山龙门洞下三叠统嘉陵江组一段遗迹组构及其沉积学意义. *古地理学报*, 2010, 12: 281–290
- 15 刘宝珺, 曾允孚. *岩相古地理基础和工作方法*. 北京: 地质出版社, 1985. 442
- 16 Gibert J M, Buatois L A, Fergenal-Martinez M A, et al. The fish trace fossil *Undichna* from the Cretaceous of Spain. *Palaeontology*, 1999, 42: 409–427
- 17 Morrissey L B, Braddy S J, Bennett J P, et al. Fish trails from the Lower Old Red Sandstone of Tredomen Quarry, Powys, southeast Wales. *Geol J*, 2004, 39: 337–358
- 18 Soler-Gijón R, Moratalla J J. Fish and tetrapod trace fossils from the Upper Carboniferous of Puertollano, Spain. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 2001, 171: 1–28
- 19 杨式溥, 张建平, 杨美芳. *中国遗迹化石*. 北京: 科学出版社, 2004. 353, 图版 64
- 20 Gibert J M. *Undichna gosiutensis*, isp. nov.: A new fish trace fossil from the Jurassic of Utah. *Ichnos*, 2001, 8: 15–22
- 21 Higgs R. Fish trails in the Upper Carboniferous of South-west England. *Palaeontology*, 1988, 31: 255–272
- 22 王丽芳, 卢宗盛, 龚道好, 等. 陕北横山晚三叠世造迹鱼类恢复. *地球科学*, 2008, 33: 12–18
- 23 苏德造. 记裂齿鱼属(*Perlerdus*)一新种. *古脊椎动物与古人类*, 1981, 19: 107–112
- 24 苏德造, 黎作聪. 记湖北大冶群一新的裂齿鱼类. *古脊椎动物与古人类*, 1983, 21: 9–16
- 25 金帆, 王念忠, 蔡正全. 华南下扬子区的裂齿鱼类化石—华南二叠系-三叠系界线上鱼类序列研究之二. *古脊椎动物学报*, 2003, 41: 69–184
- 26 赵丽君, 卢立伍. 浙江长兴早三叠世裂齿鱼类一新属. *古生物学报*, 2007, 46: 238–243
- 27 钱迈平, 朱士鹏, 赵凤鸣, 等. 江苏句容早三叠世鱼类化石之发现及其意义. *江苏地质*, 1997, 21: 65–71
- 28 刘冠邦, 冯洪真, 王菊香, 等. 江苏句容青山早三叠世鱼类. *古生物学报*, 2002, 41: 27–52
- 29 龚一鸣, 胡斌, 卢宗盛, 等. 中国遗迹化石研究 80 年. *古生物学报*, 2009, 48: 322–337
- 30 Chen Z Q, Tong J N, Fraise M L. Trace fossil evidence for restoration of marine ecosystems following the end-Permian mass extinction in the Lower Yangtze region, South China. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 2011, 299: 449–474