

文章编号:1000-0550(2014)05-0816-07

三峡东部地区泥盆系写经寺组下部一套可能的海啸沉积^①

曾雄伟¹ 周鹏¹ 刘安¹ 王建坡¹ 杜远生²

(1. 武汉地质矿产研究所 武汉 430223; 2. 生物地质与环境地质国家重点实验室 武汉 430074)

摘要 三峡东部地区泥盆系写经寺组中普遍发育一套或数套薄—中层状砾屑灰岩。通过对建始县长梁子、长阳县渔峡口、宜昌市官庄3个剖面的详细研究,发现上部砾屑发育菊花状或倒小字形构造,无疑属风暴沉积;而下部砾屑发育反向叠瓦构造,结合侧向相变关系和空间分布,认为其可能代表了F-F之交小行星坠入海洋引起的全球性海啸在古陆边缘的沉积。

关键词 三峡东部地区 写经寺组 砾屑灰岩 F-F 海啸沉积

第一作者简介 曾雄伟 男 1982年出生 硕士 沉积学 E-mail:zxwyuehen@163.com

中图分类号 P731.25 P736.21 **文献标识码** A

海啸是一种破坏力极强的水体运动,是由地震、火山、海底滑坡、外行星坠入海洋引起大量水体扰动所引发的长周期水波^[1]。当海啸进入浅海,巨大的水能转变成波能,形成波高数米甚至数十米的水墙,往往给沿海人民造成生命财产损失。全球范围内过去4 000年来可以确定的海啸记录超过2 000次^[2],仅在20世纪90年代就有83次^[3]。相对海啸发生的频率而言,已报道的海啸沉积则显得太少,地质记录中应该还有大多数的海啸事件没有被识别出来^[4]。与国际上的研究热潮相比,国内对海啸沉积的识别较少,目前主要根据地震—海啸序列来判断^[5,6]。

笔者在长江三峡地区开展1:5万区域地质调查中,发现宜昌、宣恩、长阳、建始等地晚泥盆世写经寺组中均发育一套或数套薄—中层状砾屑灰岩,上部的砾屑发育菊花状、倒小字形等放射状组构,无疑属风暴沉积;而下部的砾屑发育反向叠瓦构造,且位于弗拉斯阶—法门阶(F-F)界线附近,可能代表了F-F之交一次强大的海啸在古陆边缘引起的沉积。本文试图结合空间分布特征,讨论写经寺组下部砾屑灰岩为全球性海啸沉积的可能性。

1 区域地质背景

加里东末期,受广西运动影响,长江三峡地区于早志留世末期隆升为陆,到中泥盆世吉维期才重新接受沉积(图1)。长江三峡地区泥盆系横向变化较大,主要表现为黄陵穹窿东、西侧及长江南、北地区的沉

积存在明显差异。一般而言,长江以南地区泥盆系出露相对齐全,吉维期至法门期都有沉积,而长江以北除宜昌官庄一带发育上泥盆统外,其余地区只有云台观组。黄陵穹窿以西及南部的建始、长阳资丘一带,写经寺组的碳酸盐岩尤为发育,而鲕状赤铁矿层薄且层数少,有时甚至完全消失;反之,东部地区鲕状赤铁矿层数多、厚度大,为著名的宁乡式铁矿的主要产地,

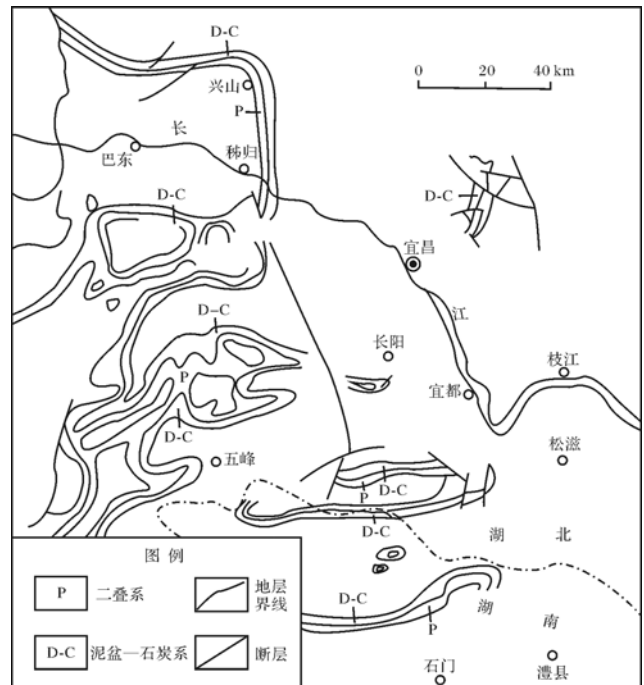


图1 峡东地区泥盆纪地层分布图

Fig.1 Map showing the distribution of Devonian strata in the East Yangtze Gorges area

①中国地质调查局项目(编号:1212010782005,1212010710715,1212011120148)联合资助
收稿日期:2013-07-15;收修改稿日期:2013-09-03

而碳酸盐岩则较薄,甚至仅仅呈灰岩透镜体^[7]。

长江三峡地区晚泥盆世沉积地层自下而上依次为黄家磴组、写经寺组、梯子口组和长阳组。黄家磴组主要为浅—深灰色厚—中层状夹薄层状石英细砂岩,间夹灰绿色纹层状粉砂质泥岩。写经寺组由瘤状灰岩、白云质灰岩、泥灰岩、钙质泥岩夹少量生物碎屑灰岩、砾屑灰岩等组成,常夹 1~3 层鲕状赤铁矿,富含海相动物化石。梯子口组由石英细砂岩、粉砂岩、泥岩及粉砂质泥岩等组成,夹似层状或结核状菱铁矿。长阳组为泥岩、钙质泥岩夹灰岩或泥灰岩透镜体,时夹鲕状赤铁矿,富含腕足类、牙形石等化石。

2 写经寺组的地质时代

长江三峡地区泥盆纪生物繁盛。黄家磴组产腕足 *Cyrtospirifer sinensis*, *Spinatrypina dowillii*, 植物 *Lep-
tophloeum rhombicum*-*Cyclostigma kiltorkens*-*Archaeop-
teris* 组合。写经寺组产珊瑚 *Phillipsastrea hunanense*,
Mictophyllum zhuzhouense, *Pseudozaphrentis? curvatum*,
Peneckiella sp. 及 *Crassialveolites* sp.; 牙形石 *Polyg-
nathus germanus germanus*, *P. brevis*, *P. brevilaminus*,
Aptyognathus varians; 腕足 *Yunnanella-Yunnanellina* 组
合; 介形虫 *Mennerites-Knoxiella* 组合。梯子口组产植
物 *Hamatophyton verticillatum*-*Lepidodendropsis hirmeri*
组合。长阳组含牙形石 *Icriodus* sp., *Neoporioniodus*
sp., *P. brevis*; 腕足 *Cyrtospirifer* sp., *Schuchertella* sp., *S.*
cf. gelaohoensis 等^[8,9]。

依据腕足类 *Yunnanella-Yunnanellina* 组合,长期
以来峡东地区的写经寺组被划归法门阶^[8,10]。陈立
德^[11]在建始三道岩写经寺组下部采获 *Pseudoza-
phrentis difficile* 等珊瑚化石群,并据其组合特征提出
原定为晚泥盆世晚期的写经寺组下部的时代应为晚
泥盆世早期,可与欧洲的弗拉斯阶对比。建始长梁子
一带写经寺组底部珊瑚化石的发现^[9],进一步表明
写经寺组的地质时代为跨越弗拉斯期—法门期。最
近的研究显示,渝东南地区写经寺组中产有法门期早
期牙形石 *Palmatolepis quadrantinosalobata* 及弗拉
斯期晚期牙形石 *Pa. semichatovae*^[12],证实写经寺组
的时代为弗拉斯期晚期至法门期早期。

3 砾屑灰岩的特征及分布

通过详细的考察与观测,笔者发现峡东地区泥盆
系写经寺组地层中普遍发育一套或数套砾屑灰岩。
依据砾石的排列方式和砾石成分,可划分为下部和上

部两种不同层位、不同成因的砾屑灰岩,尤其以建始
县长梁子、长阳县渔峡口和宜昌市官庄的砾屑灰岩最
为典型(图 2)。

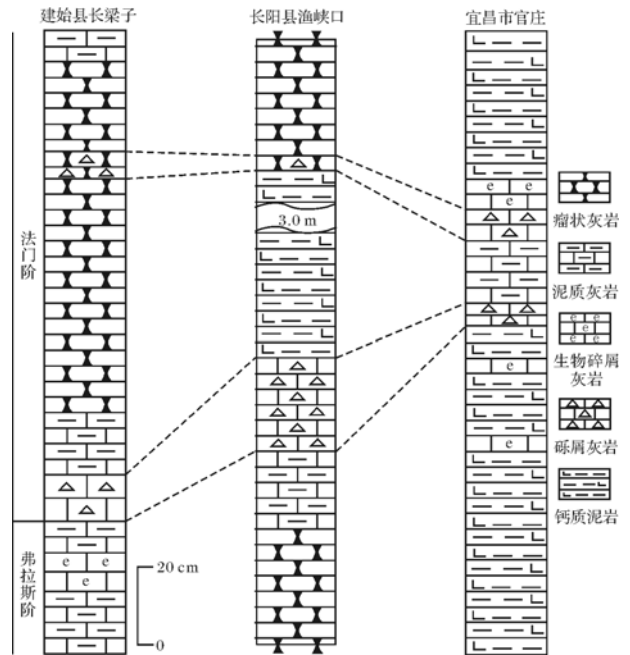


图 2 峡东地区弗拉斯阶—法门阶之交砾屑灰岩柱状对比图
Fig.2 Correlation of the calcirudites across the F-F
boundary in the East Yangtze Gorges area

3.1 建始县长梁子剖面

长梁子剖面位于湖北建始县长梁子乡阴坡村, F-
F 之交的地层以泥质灰岩、瘤状灰岩为主,下部和上
部各夹一层砾屑灰岩。下部的砾屑灰岩厚 12 cm, 明
显由两层竹叶状砾屑组成,下层砾石分选、磨圆较好,
长 1~4.5 cm, 宽一般 0.2 cm; 上层砾石磨圆中等, 个
别见撕裂特征, 大小 0.1 cm×0.2 cm~0.3 cm×1.5 cm。
两层砾屑呈反向叠瓦状排列(图 3A, B), 指示出双向
水流(古流向分别 260°和 80°)的作用。上部的砾屑
灰岩厚 7 cm, 砾石磨圆度高、分选好, 大小 0.2 cm×0.3
cm~1 cm×2.5 cm, 长轴多顺层排列。

距下部砾屑灰岩 8 cm 之下的生物碎屑灰岩中产
近原地保存的珊瑚化石,与文献^[9,11]描述的弗拉斯期
珊瑚化石群为同一层位,表明该剖面下部的砾屑灰岩
正好位于 F-F 界线之上。

3.2 长阳县渔峡口剖面

渔峡口剖面位于湖北长阳县渔峡口镇东约 2 km
的清江北岸。F-F 之交的地层主要由瘤状灰岩、泥质
灰岩夹钙质泥岩组成,下部夹一层 25 cm 厚的砾屑灰
岩,上部发育至少 4 层 3~8 cm 厚的砾屑灰岩层。下

部的砾屑灰岩(图3C)的砾石成分复杂,包括灰岩、粉砂岩、砾岩;砾石大小不等,分选差,大者呈长条状,小者呈浑圆状;其上下地层为钙质泥岩、泥质灰岩,说明该套砾屑灰岩不是近原地形成。上部的砾屑灰岩(图3D)的砾石成分多为泥质灰岩,磨圆、分选中等,大小 $0.2\text{ cm}\times 0.3\text{ cm}\sim 2\text{ cm}\times 10\text{ cm}$,多顺层分布或在局部集中形成透镜状。

3.3 宜昌市官庄剖面

官庄剖面位于湖北宜昌市官庄镇长岭岗,F-F界线附近的地层以灰黄色极薄层状钙质泥岩为主,夹少量薄层状泥质灰岩、生物碎屑灰岩及砾屑灰岩。下部的砾屑灰岩厚6 cm,可分出两层呈反向叠瓦状排列

的砾石(图3E,古流向分别为 130° 和 310°),砾石磨圆、分选中等,砾径一般 $0.8\text{ cm}\sim 4\text{ cm}$ 。上部的砾屑灰岩厚8 cm,砾石磨圆较好,大小 $3\text{ cm}\times 0.3\text{ cm}\sim 1\text{ cm}\times 0.2\text{ cm}$,多顺层分布,局部可见菊花状组构(图3F)。

本次工作采集了4件牙形石样品,获得的牙形石都极为破碎,仅在距下部的砾屑灰岩底之下15 cm的生屑灰岩中获得一枚牙形石 *Palmatolepis triangularis*,该化石的发现表明官庄剖面下部的砾屑灰岩正好位于F-F界线上。

除上述3个剖面外,宣恩县沙道、长阳县西流溪、火烧坪及火石山等地写经寺组的瘤状灰岩、泥质灰岩中都发育有上部的砾屑灰岩。

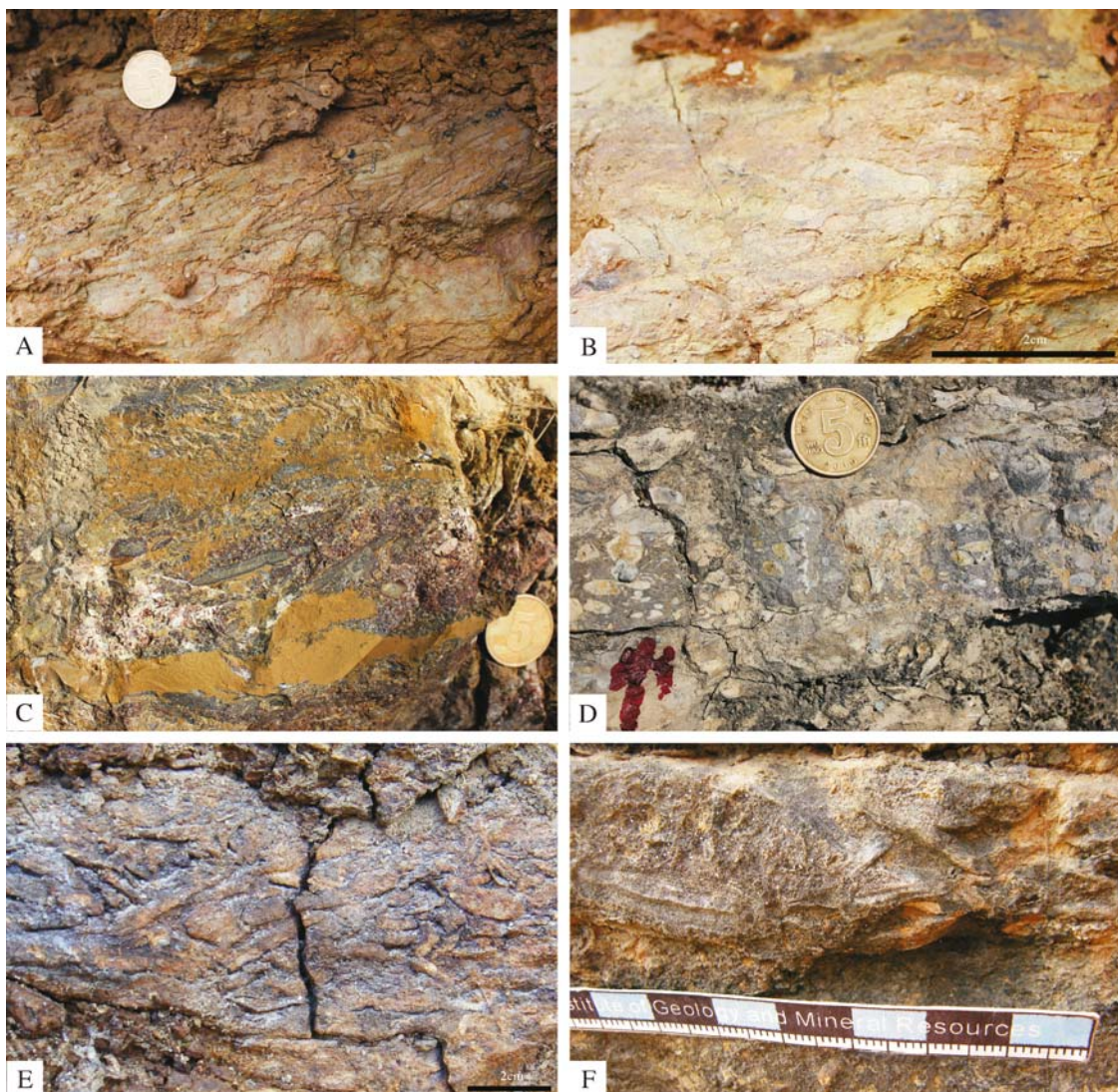


图3 峡东地区写经寺组中的砾屑灰岩

A、B. 建始县长梁子剖面下部的反向叠瓦状砾屑;C. 长阳县渔峡口剖面下部的砾屑;D. 长阳县渔峡口剖面上部的砾屑;E. 宜昌市官庄剖面下部的反向叠瓦状砾屑;F. 宜昌市官庄剖面上部的菊花状砾屑。

Fig.3 The calcirudites from the Xiejingsi Formation in the East Yangtze Gorges area

4 讨论

自20世纪80年代末以来,海啸沉积的研究成为国际沉积学领域的热点之一^[13]。虽然有学者提出了一些可用来识别海啸沉积物的沉积特征^[14],但相似的特征往往也见于风暴沉积物中^[15]。因此,如何将地质历史时期中风暴和海啸触发的沉积物区分开来是沉积学迫切需要解决的问题之一。

理论上讲,风暴和海啸在传播过程中都可以产生向陆方向的入射流和向海方向的回流。但由于海啸的回流可能比入射流更具侵蚀性和能力更强^[14],使得双向水流可以成为识别海啸沉积物的显著特征,而风暴沉积物往往只具有单向水流的特征。Nanayama *et al.*^[16]研究了在日本北海道海岸的同一个沟内,与1993年日本海海啸和1959年Miyakojima台风相关的沉积物,发现海啸沉积物显示了向陆和向海的双向水流;与之对比,风暴沉积物显示了单向水流。Massari *et al.*^[17]在意大利南部沿海的上新统中部发现多贝壳碎片的碳酸盐沉积,贝壳层上部的砂层中发育大型的双向(向海与向陆)流痕,并认为是海啸作用的产物。Fujino *et al.*^[18]描述了日本东北部Tanohata地区早白垩世的砾质海啸岩,认为反向叠瓦构造反映了向海和向陆地方向的双向水流,可以作为识别海啸沉积物的重要证据。Morton *et al.*^[19]研究了2个现代北美的风暴和2个海啸沉积的例子,也认为双向水流是海啸沉积物的特有特征。

峡东地区泥盆系写经寺组下部的砾屑灰岩发育反向叠瓦构造(长梁子和官庄剖面均由两层砾屑组成,下层砾屑显示出向陆方向,上层砾屑显示出向海方向),指示了双向水流的存在,由于写经寺组的地层总体为浅水陆棚相沉积,所以反向叠瓦构造不会是潮汐流形成;而且这套砾屑灰岩都位于F-F界线附近,因此它们应该是在一次海啸中形成。写经寺组上部的砾屑灰岩往往向两侧迅速尖灭,呈透镜状分布于瘤状灰岩或泥灰岩中;砾屑排列多显示单一水流特征(多数顺层分布),还常见风暴特有的菊花状或倒小字型组构,并发育有直立的生物介壳,所以它们应该是多次风暴叠加影响的产物。

从侧向相变关系来看,峡东地区F-F之交的砾屑灰岩由盆地中心(渔峡口剖面厚25 cm)向两侧(长梁子和官庄剖面分别厚12 cm和6 cm)厚度明显减薄,砾石的粒径和成分也由盆地中心向两侧变得均匀和单一。类似的现象也见于其他地区浅海相海啸沉

积物,如印度尼西亚1883年喀拉喀托火山爆发所引发的海啸^[20]。

从空间分布来看,F-F之交的事件沉积在整个华南都有分布(图4)。横县六景、象州罗秀和巴漆、桂阳莲塘等台地边缘斜坡相区F-F界线上发育粗砾岩或砾屑灰岩;台间海槽相区的桂林杨堤和白沙、德保都安、武宣南洞和三里、象州香田和马鞍山、崇左那艺、上林云攀等地F-F之交发育浊积岩;台间海槽相区的南丹芒场、罗富和南丹—天峨公路F-F之交发育块状砂屑灰岩^[1,21,22]。从世界范围来看,比利时的Hony剖面、美国内华达的Devils Gate剖面、摩洛哥的Atrous剖面、俄罗斯的南乌拉尔、西伯利亚东北部的Fore-Kolyma、波兰—摩拉维亚盆地南部(Holy Cross山脉,Cracow和Brno地区)法门阶底部都发育有浊积岩和角砾岩^[23]。如此广泛的等时的事件沉积必然联系到全球性的地质事件。

自McLaren^[24]首先提出F-F之交的生物灭绝可能是天体撞击地球所引起之后,众多学者报道了与天体撞击相关的物理化学证据。澳大利亚西部Canning盆地^[25]、法国南部层型剖面区^[26]、湖南祁东^[27]等地F-F界线附近都发现了铀的地球化学异常,比利时Hony剖面^[28]、湖南祁东剖面^[29]F-F之交发现微玻陨石类的撞击玻璃,江苏太湖附近五通组砂岩^[30]、美国内华达南部Alamo角砾岩^[31]中发现F-F界线附近与撞击事件相关的撞击石英,湖南锡矿山老江冲剖面F-F界线附近也发现多层微球粒层^[32]。

Bai *et al.*^[33]初步提出了华南F-F界线附近的浊流沉积可能是海啸成因。龚一鸣和李保华^[34]认为天体撞击地球造成全球范围的地震、火山爆发和撞击型海啸是F/F之交事件沉积的最可能的诱发因素。Du *et al.*^[23]详细讨论了F-F之交小行星坠入海洋引起全球性海啸的可能性。

虽然地震、火山、海底滑坡引起的海啸也可以传播很大的距离,但一般都限于一个大洋。全球性的海啸常常是外行星坠入海洋引起的。目前在地球表面上发现的160多个陨石坑中有7个在现代海洋中,还有20多个所处的位置在地史时期也曾是海洋^[14]。根据陨石对地球的撞击频率可知,在过去的35亿年中,有超过8000个陨石撞击海洋^[35]。数字模拟得出,直径大于1 km的小行星可以穿透5000 m深的海洋并立即扰动整个水体,在瞬间引起与海洋深度相当的巨浪^[36]。随着水中空气凹穴的破碎,这些水沿着撞击坑边缘从高到低迅速跌落,引发几百米高的巨

浪,在距陨石坑 1 000 km 的海域这样的撞击仍会产生约 100 m 高的波浪^[37]。像这样能产生浪高达 100 m 的海啸的小行星每 3 000~5 000 年就会撞击地球的任何部位^[36],而且地球表面的 2/3 被海洋覆盖,所以那些中等大小的小行星、彗星与海洋之间的撞击成为海啸发生的一个重要原因^[14]。由于海啸波浪超过 5 m 就会在地史沉积中留下记录^[38],因此大小中等的小行星可以留下它所形成的海啸的证据。

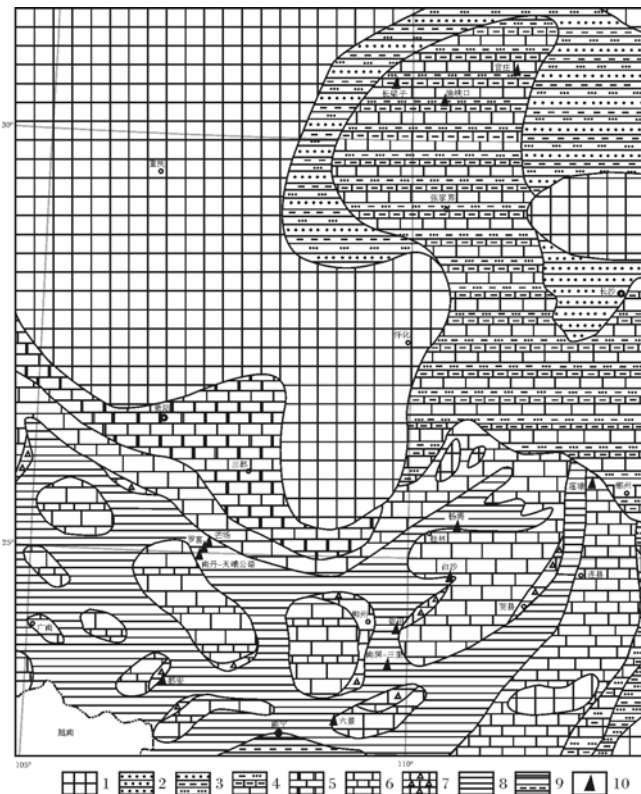


图4 华南泥盆纪法门期古地理和事件沉积分布图
(据[39]修改)

1.古陆;2.三角洲;3.近滨—远滨;4.混积陆棚;5.局限台地;6.开阔台地;7.台地边缘斜坡;8.台内裂陷槽;9.深水海槽;10.事件沉积位置

Fig.4 The Devonian Famennian paleogeographical map and sites of event deposits in the South China

从图4可以看出,F-F界线上的事件沉积在华南的延伸范围可达900 km;自台内裂陷槽至古陆边缘,事件沉积的厚度由数米~十几米减少到几公分~几十公分,碎屑颗粒的粒径也明显降低。我们不难作出如下设想:弗拉斯期末—法门期初,一个小行星坠入古特提斯洋,引起全球性的海啸;海啸浪自台内裂陷槽向古陆边缘传播的过程中,由于台盆相间格局的屏蔽作用,加上传输距离之间广阔的大陆架消耗海啸的能量,到达峡东地区的海啸已经是强弩之末;在海啸

入射流和海啸回流的双重作用下,形成了长梁子和官庄剖面的反向叠瓦状砾屑;在海啸回流为主的影响下,形成了渔峡口成分复杂的砾石。

5 结论

峡东地区泥盆系写经寺组中普遍发育一套或数套薄—中层状砾屑灰岩,上部的砾屑发育风暴沉积特有的菊花状、倒小字形组构;下部的砾屑位于F-F界线上,在建始县长梁子和宜昌市官庄见有反向叠瓦构造,在长阳县渔峡口表现为成分复杂的砾石。结合华南乃至全球F-F界线上事件沉积的分布特征,认为峡东地区写经寺组下部的砾屑灰岩可以和F-F之交小行星坠入到海洋中引起的全球性海啸相联系。

致谢 武汉地质矿产研究所牛志军研究员和赵小明研究员在成文过程中给予了极大的帮助,徐从华处理牙形石样品,在此一并表示感谢!

参考文献 (References)

- 1 杜远生,龚一鸣,曾雄伟,等. 广西泥盆系弗拉斯—法门期之交的事件沉积及其对小行星碰撞引起的大海啸的启示[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 2008, 38(12): 1504-1513 [Du Yuansheng, Gong Yiming, Zeng Xiongwei, et al. The event deposits about Frasnian-Famennian in Guangxi and its implication for giant tsunami caused by asteroid impact[J]. Science China (Seri. D): Earth Sciences, 2008, 38(12): 1504-1513]
- 2 Scheffers A, Kelletat D. Sedimentologic and geomorphologic tsunami imprints worldwide - a review[J]. Earth-Science Reviews, 2003, 63(1/2): 83-92
- 3 Schnyder J, Baudin F, Deconinck J F. A possible tsunami deposit around the Jurassic-Cretaceous boundary in the Boulonnais area (northern France)[J]. Sedimentary Geology, 2005, 177(3): 209-227
- 4 王立成,王成善,李亚林,等. 海啸和海啸沉积[J]. 沉积学报, 2010, 28(3): 596-610 [Wang Licheng, Wang Chengshan, Li Yalin, et al. Tsunamis and tsunami deposits[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(3): 596-610]
- 5 宋天锐. 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一套可能的地震—海啸序列[J]. 科学通报, 1988, 38(8): 609-611 [Song Tianrui. A series of possible earthquake-tsunami sequence of Precambrian carbonate stratum in Shisanling, Beijing[J]. China Science Bulletin, 1988, 38(8): 609-611]
- 6 杜远生,韩欣. 论海啸作用与海啸岩[J]. 地质科技情报, 2000, 19(1): 19-22 [Du Yuansheng, Han Xin. Tsunami and Tsunamiites[J]. Geological Science and Technology Information, 2000, 19(1): 19-22]
- 7 汪啸风,陈孝红,张仁杰,等. 长江三峡地区珍贵地质遗迹保护和太古代—中生代多重地层划分和海平面升降变化[M]. 北京:地质出版社, 2002: 133-148 [Wang Xiaofeng, Chen Xiaohong, Zhang Renjie, et al. Protection of Precise Geological Remains in the Yangtze Gorges Area, China with the Study of the Archean-Mesozoic Multiple Strati-

- graphic Subdivision and Sea-Level Change [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002: 133-148]
- 8 冯少南,许寿永,林甲兴,等. 长江三峡地区生物地层学(3),晚古生代分册[M]. 北京:地质出版社,1984:63-110[Feng Shaonan, Xu Shouyong, Lin Jiaying, *et al.* Biostratigraphy of the Yangtze Gorges Area (3), Late Palaeozoic Era [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 63-110]
 - 9 张仁杰,廖卫华,冯少南. 湖北建始写经寺组的弗拉期化石[J]. 地层学杂志,2001,25(1):58-62[Zhang Renjie, Liao Weihua, Feng Shaonan. Frasnian fossils from the lowermost part of Hsiehchingsu Formation of Jianshi, West Hubei[J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(1): 58-62]
 - 10 侯鸿飞,王士涛. 中国的泥盆系[M]. 北京:地质出版社,1988:1-348[Hou Hongfei, Wang Shitao. Stratigraphy of China, No. 7: The Devonian System of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 1-348]
 - 11 陈立德. 湖北建始泥盆纪写经寺组的珊瑚化石[J]. 华南地质与矿产,2000,16(2):65-70[Chen Lide. Devonian rugose corals from Xiejinsi Formation in Jianshi, Hubei[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2000, 16(2): 65-70]
 - 12 龚黎明,王成源,王长生,等. 渝东南地区泥盆纪牙形刺及其地层意义[J]. 微体古生物学报,2012,29(3):282-298[Gong Liming, Wang Chengyuan, Wang Changsheng, *et al.* Devonian conodonts in SE area of Chongqing city and its geological significance[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2012, 29(3): 282-298]
 - 13 张振克,谢丽,杨达源,等. 国际海啸沉积研究进展与展望[J]. 海洋地质与第四纪地质,2010,30(6):133-140[Zhang Zhenke, Xie Li, Yang Dayuan, *et al.* Progress in the study of tsunami deposits in the past 20 years[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2010, 30(6): 133-140]
 - 14 Dawson A G, Stewart I. Tsunami deposits in the geological record[J]. Sedimentary Geology, 2007, 200(3): 166-183
 - 15 Shanmugam G. Process-sedimentological challenges in distinguishing paleo-tsunami deposits[J]. Natural Hazards, 2012, 63(1): 5-30
 - 16 Nanayama F, Shigeno K, Satake K, *et al.* Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan[J]. Sedimentary Geology, 2000, 135(1): 255-264
 - 17 Massari F, D' Alessandro A. Tsunami-related scour-and-drape undulations in Middle Pliocene restricted-bay carbonate deposits (Salento, south Italy)[J]. Sedimentary Geology, 2000, 135(1): 265-281
 - 18 Fujino S, Masuda F, Tagomori S, *et al.* Structure and depositional processes of a gravelly tsunami deposit in a shallow marine setting: Lower Cretaceous Miyako Group, Japan[J]. Sedimentary Geology, 2006, 187(3): 127-138
 - 19 Morton R A, Gelfenbaum G, Jaffe B E. Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples[J]. Sedimentary Geology, 2007, 200(3): 184-207
 - 20 Van den Bergh G D, Boer W, de Haas H, *et al.* Shallow marine tsunami deposits in Teluk Banten (NW Java, Indonesia), generated by the 1883 Krakatau eruption[J]. Marine Geology, 2003, 197(1): 13-34
 - 21 黄宏伟,杜远生,黄志强,等. 广西丹池盆地 F-F 界线事件沉积及成因分析[J]. 地质科技情报,2009,28(5):40-46[Huang Hongwei, Du Yuansheng, Huang Zhiqiang, *et al.* Event deposits near F-F boundary in Nandan-Hechi Basin and their origin[J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(5): 40-46]
 - 22 曾雄伟,杜远生,张哲. 广西六景泥盆系弗拉斯阶—法门阶界线层牙形石生物地层及碳同位素组成[J]. 古地理学报,2010,12(2):185-193[Zeng Xiongwei, Du Yuansheng, Zhang Zhe. Conodont biostratigraphy and carbon isotopic composition across the Frasnian-Famennian boundary in Liujing, Guangxi[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(2): 185-193]
 - 23 Du Y S, Gong Y M, Zeng X W, *et al.* Devonian Frasnian-Famennian transitional event deposits of Guangxi, South China and their possible tsunami origin[J]. Science in China (Seri. D): Earth Sciences, 2008, 51(11): 1570-1580
 - 24 McLaren D J. Time, life and boundaries[J]. Journal of Paleontology, 1970, 44: 801-815
 - 25 Robert S N, Playford P E. Upper Devonian iridium anomalies, conodont zonation and the Frasnian-Famennian boundary in the Canning Basin, Western Australia[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1993, 104(1): 105-113
 - 26 Girard C, Robin E, Rocchia R, *et al.* Search for impact remains at the Frasnian-Famennian boundary in the stratotype area, southern France [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1997, 132: 391-397
 - 27 Wang K, Bai S L. Faunal changes and events near the Frasnian-Famennian boundary of South China[J]. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 1988, 14(3): 71-78
 - 28 Claey's P, Casier J G. Microtektite-like impact glass associated with the Frasnian-Famennian boundary mass extinction [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1994, 122(2): 303-315
 - 29 Wang K. Glassy microspherules (microtektites) from an Upper Devonian limestones[J]. Science, 1992, 256(5063): 1547-1550
 - 30 He Y N, Xu D Y, Lu D F, *et al.* Preliminary study on the origin of Taihu Lake: inference from shock deformation features in quartz[J]. Chinese Science Bulletin, 1991, 36(10): 847-851
 - 31 Leroux H, Warme J E, Doukhan J C. Shocked quartz in the Alamo breccia, southern Nevada: Evidence for a Devonian impact event[J]. Geology, 1995, 23(11): 1003-1006
 - 32 Ma X P, Bai S L. Biological, depositional, microspherule, and geochemical records of the Frasnian/Famennian boundary beds, South China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 181(1): 325-346
 - 33 Bai S L, Bai Z Q, Ma X P, *et al.* Devonian Events and Biostratigraphy of South China[M]. Beijing: Peking University Press, 1994: 1-303
 - 34 龚一鸣,李保华. 泥盆系弗拉斯阶/法门阶之交事件沉积和海平面变化[J]. 地球科学,2001,26(3):251-257[Gong Yiming, Li Baohua. Devonian Frasnian/Famennian transitional event deposits and sea-level changes[J]. Earth Science, 2001, 26(3): 252-257]
 - 35 Glickson A Y. Oceanic mega impacts and crustal evolution[J]. Geolo-

- gy, 1999, 27(5): 387-390
- 36 Hills J G, Goda M P. Damage from comet-asteroid impacts with earth [J]. *Physica D*, 1999, 133(1): 189-198
- 37 Ward S N, Asphaug E. Impact tsunami-Eltanin [J]. *Deep-Sea Research II*, 2002, 49(6): 1073-1079
- 38 Lowe D J, de Lange W P. Volcano-meteorological tsunamis, the c. AD 200 Taupo eruption (New Zealand) and the possibility of a global tsunami [J]. *The Holocene*, 2000, 10(3): 401-407
- 39 刘宝珺, 许效松. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪) [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 110-111 [Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of Sedimentary-Facies and Paleogeography in South China [M]. Beijing: Sciences Press, 1994: 110-111]

A Possible Tsunami Deposits in the Lower Part of the Devonian Xiejingsi Formation in the East Yangtze Gorges Area

ZENG Xiong-wei¹ ZHOU Peng¹ LIU An¹ WANG Jian-po¹ DU Yuan-sheng²

(1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223;

2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, Wuhan 430074)

Abstract: One or more suits of thin-medium bedded calcirudites widely distribute in the Devonian Xiejingsi Formation in the East Yangtze Gorges area. Through detailed study of the Changliangzi section in Jianshi county, Yuxiakou section in Changyang county and Guanzhuang section in Yichang city, we found that daisy-like structure developed in the upper gravels, which undoubtedly belongs to storm deposition. In contrast, inversely directed imbrications developed in the lower gravels. Combined with the lateral facies changes and the spatial distribution, we inferred that the lower gravels may represent the global tsunami deposition in the continental margin across the F-F transition, which could be caused by bolide impacts into ocean.

Key words: the East Yangtze Gorges area; Xiejingsi Formation; calcirudite; Frasnian-Famennian; tsunami deposition